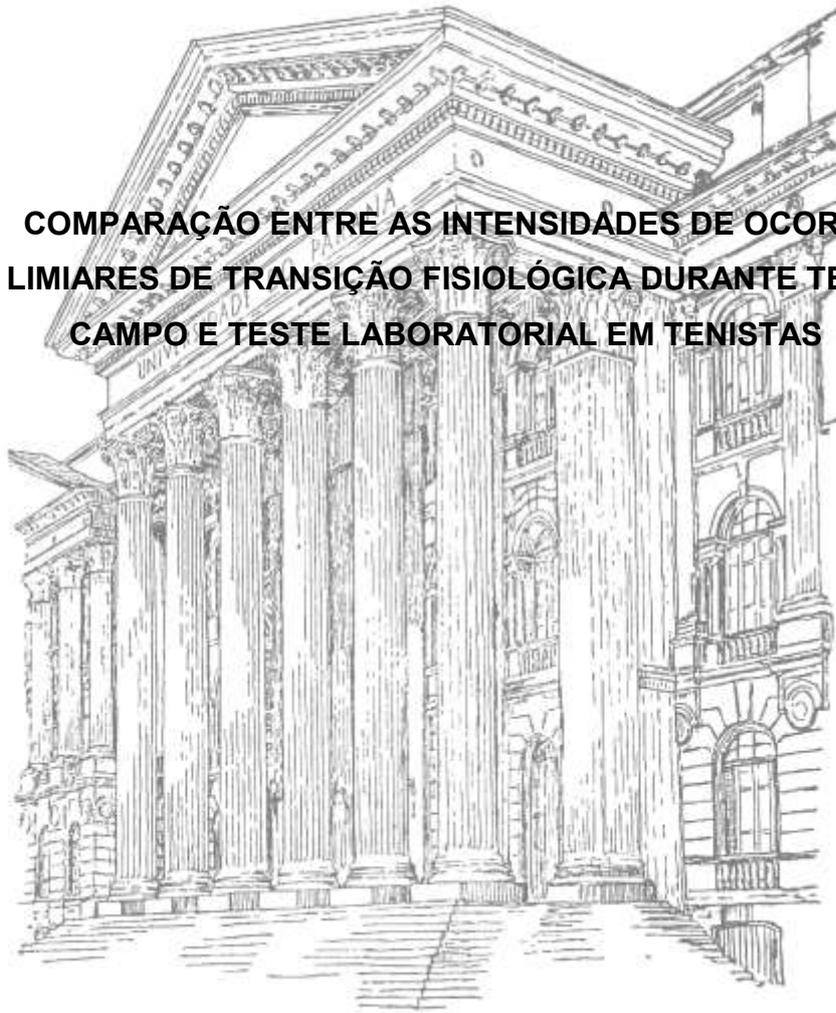


**JUAN HENRIQUE SZYMCZAK CONDE**

**COMPARAÇÃO ENTRE AS INTENSIDADES DE OCORRÊNCIA  
DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA DURANTE TESTE DE  
CAMPO E TESTE LABORATORIAL EM TENISTAS**



**CURITIBA  
2018**

JUAN HENRIQUE SZYMCZAK CONDE

**COMPARAÇÃO ENTRE AS INTENSIDADES DE OCORRÊNCIA DOS LIMIARES  
DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA DURANTE TESTE DE CAMPO E TESTE  
LABORATORIAL EM TENISTAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Desempenho Esportivo, no Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki

CURITIBA

2018

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.  
Biblioteca de Ciências Biológicas.  
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Conde, Juan Henrique Szymczak  
Comparação entre as intensidades de ocorrência dos limiares de  
transição fisiológica durante teste de campo e teste laboratorial em tenistas.  
/ Juan Henrique Szymczak Conde. – Curitiba, 2018.  
64 p.: il. ; 30cm.

Orientador: Raul Osiecki

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Tennis (Jogo) 2. Esforço físico 3. Condicionamento físico humano I.  
Título II. Osiecki, Raul III. Universidade Federal do Paraná. Setor de  
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (20. ed.) 796.342



## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JUAN HENRIQUE SZYMCZAK CONDE** intitulada: "**Comparação entre as intensidades de ocorrência dos limiares de transição fisiológica durante teste de campo e teste laboratorial em tenistas**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Fevereiro de 2018.

RAUL OSIECKI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

JULIO CESAR BASSAN

Avaliador Externo (UTFPR)

SERGIO GREGORIO DA SILVA

Avaliador Interno (UFPR)

Dedico esta obra primeiramente a Deus, que me sustentou, concedeu forças e capacidade para que se realizasse este estudo; a Thaynara Szeremeta e a meus pais Ismael e Cecília.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e dedico este trabalho a Ele, porque me sustentou durante toda a minha vida, concedeu forças, capacidades e a oportunidade de realizar este curso de mestrado.

Agradeço a Thaynara Szeremeta, minha amada noiva, por toda compreensão e ajuda durante a realização deste trabalho e também por seu carinho e atenção.

Aos meus pais, Ismael Conde e Cecília Conde pela educação que me deram e pelo esforço que fizeram para me oportunizar este curso.

Ao meu orientador e amigo, Raul Osiecki, por sua ajuda na elaboração do trabalho, conversas e histórias de vida.

A Luiz Fernando Novack, pela amizade e por todo empenho e ajuda que me deu em minha vida profissional.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Yuri, Marina, José Moiano, Danilo (Ventania), Jhonny, Carol, Poliana, Gislaine, Diogo Palumbo, Allysson, Wally. Agradeço pela ajuda nas coletas, escrita de artigos, revisões de textos e conversas descontraídas.

A Rodrigo Waki, secretário do Programa de Pós-Graduação em Educação Física por seu excelente trabalho e ajuda.

Ao Prof. Dr. Sérgio Gregório da Silva por ceder o espaço do laboratório para a pesquisa.

Aos clubes, treinadores e atletas envolvidos no trabalho, por sua disposição de tempo e espaço, isso foi fundamental.

Ao Coritiba Foot Ball Club pela flexibilidade nos momentos de coleta de dados.

*Fight and fight until lambs become  
lions.*

*Robin of Loxley*

## RESUMO

O tênis é uma modalidade que envolve diversas ações intensas intermitentes, o que significa que são realizadas repetidamente com pequenos intervalos entre uma ação e outra, o que torna o condicionamento aeróbio muito importante. O limiar de lactato (LL) tem sido amplamente utilizado como indicador da capacidade aeróbia de atletas, no entanto é uma metodologia cara, invasiva e de difícil aplicação em testes de campo. Nesse sentido, o limiar de percepção subjetiva de esforço (PSE) (DmaxPSE) e o Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca (PDFC) têm sido sugeridos como ferramentas alternativas para estimar a intensidade de ocorrência do LL em algumas modalidades e em pessoas fisicamente ativas, contudo a associação dessas variáveis com o LL em tenistas durante teste de campo ainda carece de investigação. Participaram do estudo 9 atletas do sexo masculino, os quais realizaram um teste de esteira e um teste de campo intercalados por sete dias de recuperação. Na primeira sessão os indivíduos passaram por uma avaliação antropométrica (estatura, massa corporal e dobras cutâneas). Logo após, realizaram o teste progressivo em esteira ergométrica até a exaustão voluntária, no qual foi mensurada a concentração de lactato ([La]), FC e a PSE ao final de cada estágio e ao final do teste. Na segunda sessão, os indivíduos realizaram um teste de campo, no qual foi coletada a FC e a PSE ao final de cada estágio e ao final do teste. Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro Wilks; uma vez aceita a normalidade, foi utilizada ANOVA *One-Way* para a comparação da intensidade entre os limiares de transição. Foi utilizada correlação simples de *Pearson* para verificar correlações entre os dados. O nível de significância adotado foi  $p < 0.05$ . As variáveis velocidade, FC absoluta e relativa à máxima (%FCmáx), [La] e escores de PSE não foram estatisticamente diferentes entre os limiares obtidos durante teste laboratorial e teste de campo ( $p > 0,05$ ). Em adição não foram observadas correlações significativas e concordância entre os limiares para o %FCmáx. Os resultados sugerem que o PDFC e o DmaxPSE, tanto no teste laboratorial como no campo não são bons estimadores do LL, não podendo ser utilizados como indicadores de capacidade aeróbia durante testes de campo em tenistas.

**Palavras-chave:** Condicionamento aeróbio. Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca. Limiar de esforço percebido.

## ABSTRACT

Tennis is a sport that involves several intermitente intense actions, which means that they are performed repeatedly with small intervals between each action, which makes the aerobic fitness very important. The lactate threshold (LT) has been widely used as an indicator of aerobic capacity in athletes, however this is an expensive and invasive methodoly that is difficult to use outdoor. In this sense, the perceived exertion threshold (DmaxRPE) and the heart rate deflection point (HRDP) have been suggested as alternative tools to estimate the LT intensity of occurrence in some sports and in physically active individuals; however the association of these variables to the LT in tennis players during field testing still lacks investigation. Eight male tennis players took part into the study. In the first session individuals were had their anthropometrics measured (height, weight and percentage of body fat). Soon afterwards, they underwent a progressive treadmill test until volitinal exhaustion, in which the lactate concentrations ([La]), heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) were measured at end of each stage and at the end of the test. In the second session the individuals underwent a progressive field test, in which the HR and the RPE were measured at end of each stage and at the end of the test. The normality test of Shapiro Wilks was used; once the normality was accepted, one-way ANOVA was used to compare the intensity between transition thresholds. Pearson's simple correlation was used to verify correlations between the data. The level of significance was set at  $p < 0.05$ . The variables: velocity, absolute HR and relative maximum (% HRmax), [La] and RPE scores were not statistically different between the thresholds obtained during laboratory test and field test ( $p > 0.05$ ). In addition, there were no significant correlations and concordance between the thresholds for% HRmax. The results suggest that the HRDP and DmaxRPE, both in laboratory and field tests, are not good LT estimators and can not be used as indicators of aerobic capacity during field tests in tennis players.

**Key-words:** Aerobic fitness. Heart Rate Deflection Point. Perceived Exertion Threshold.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Identificação do primeiro (LL1) e segundo (LL2) limiar de lactato (fonte própria).....	18
Figura 2 - Identificação do PDFC pelo método D <sub>máx</sub> (Kara <i>et al.</i> , 1996) (Fonte própria).....	21
Figura 3 - Método D <sub>max</sub> aplicado a curva de esforço percebido. Fonte: Conde <i>et al.</i> , (2016). PSE = Percepção Subjetiva de Esforço.....	25
Figura 4 - Exemplo de aplicação das equações originadas dos ajustes linear e polinomial de terceira ordem. INT – intensidade em km.h-1; LINEAR – ajuste linear; POLYNOM. – ajuste polinomial de terceira ordem; e, DMAX – diferença entre os dois ajustes.....	26
Figura 5 - Figura 5 - Resposta da (A) carga (W), (B) PSE (scores); (C) FC (bpm); e (D) [La] (mMol) no D <sub>max</sub> PSE, em ciclistas treinados e indivíduos fisicamente ativos. Dados reproduzidos com permissão do estudo de Ferreira <i>et al.</i> , (2016). *Significativamente maior em indivíduos fisicamente ativos em comparação a ciclistas.....	31
Figura 6 - Diferenças do %FC <sub>máx</sub> correspondentes aos limiares plotadas contra as médias. (A) D <sub>max</sub> La x PDFC obtido durante teste laboratorial. (B) D <sub>max</sub> La x PDFC obtido durante teste de campo.....	39
Figura 7 - Diferenças do %FC <sub>máx</sub> correspondentes aos limiares plotadas contra as médias. (A) D <sub>max</sub> La x D <sub>max</sub> PSE obtido durante teste laboratorial. (B) D <sub>max</sub> La x D <sub>max</sub> PSE obtido durante teste de campo.....	40
Figura 8 - Comparação entre as respostas esperadas de acordo com a literatura para os testes laboratorial e de campo (A e B) e respostas diferentes do esperado em alguns atletas da amostra (C, D, E e F). .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos estudos que avaliaram a relação entre DmaxPSE e métodos padrão ouro para a identificação dos limiares de transição fisiológica.....	29
Tabela 2 - Coeficientes de correlação entre DmaxPSE, PDFC e [4mMol.l-1], apresentados no estudo de Conde <i>et al.</i> , (2014). .....	30
Tabela 3 - Características antropométricas da amostra (n = 8). .....	37
Tabela 4 - Valores de [La], FC relativa à máxima (%) e FC absoluta (bpm), velocidade (km/h) e PSE correspondentes aos limiares DmaxLa, PDFC e DmaxPSE obtidos no teste laboratorial e PDFC e DmaxPSE obtidos no teste de campo. ....	37
Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre o DmaxLa e os demais limiares obtidos no teste laboratorial e no teste de campo. ....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	- Batimentos por minuto
[La]	- Concentração de lactato
[4 mMol]	- Concentração de lactato fixa de 4 mMol
DmaxLa	- Dmax Lactato
FC	- Frequência Cardíaca
FCmáx	- Frequência Cardíaca máxima
LL	- Limiar de Lactato
DmaxPSE	- Limiar de esforço percebido
LV	- Limiar Ventilatório
OBLA	- <i>Onset of Blood Lactate</i>
%FCmáx	- Percentual da Frequência Cardíaca Máxima
PSE	- Percepção Subjetiva de Esforço
PDFC	- Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca
LL <sub>1</sub>	- Primeiro Limiar de Lactato
LL <sub>2</sub>	- Segundo Limiar de Lactato
Km/h	- Quilômetros por hora
U.A.	- Unidades Arbitrárias
PVC	- Pico de Velocidade de Crescimento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS .....	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1	DEMANDAS FÍSICAS DO TÊNIS.....	16
2.2	LIMIAR DE LACTATO .....	17
2.3	PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	19
2.4	LIMIAR DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO .....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
3.1	TIPO DE PESQUISA .....	33
3.2	AMOSTRA.....	33
3.3	DESENHO EXPERIMENTAL .....	33
3.4	MATURAÇÃO BIOLÓGICA .....	34
3.5	<i>YO-YO ENDURANCE TEST</i> NÍVEL 1 .....	34
3.6	PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO EM ESTEIRA .....	34
3.7	INSTRUMENTOS DE MEDIDA .....	35
3.8	DETERMINAÇÃO DO PDFC.....	35
3.9	DETERMINAÇÃO DO DMAXLA E DO DMAXPSE.....	35
3.10	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS .....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE A – GRÁFICOS INDIVIDUAIS.....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA O USO DA ESCALA DE PSE .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tênis é uma modalidade que envolve a interação de habilidades específicas (*forehand, backhand, topspin, slicestroke*), tática e capacidades físicas como agilidade, força e resistência aeróbia (FERNANDEZ, MENDEZ-VILLANUEVA e PLUIM, 2006). As partidas, que duram em torno de duas horas, envolvem esforços de alta intensidade durante poucos segundos, intercalados por pausas também curtas. Em uma revisão, Fernandez, Mendez-Vilanueva e Pluim (2006) demonstraram que, em jogadores de tênis de nível internacional, os *rallies* duram em torno de 3,8 a 9,1 segundos e que as pausas duram aproximadamente de 16,2 a 25,1 segundos, o que caracteriza o tênis como uma modalidade intermitente. Adicionalmente, do ponto de vista fisiológico, tenistas permanecem muito mais tempo de partida em intensidades abaixo de 70% do  $VO_{2máx}$  ( $77 \pm 25\%$ ) do que em intensidades entre 70 e 85% ( $20 \pm 21\%$ ) e entre 85 e 100% do  $VO_{2máx}$  ( $3 \pm 5\%$ ) (BAIGET *et al.*, 2015). Contudo, uma vez que as ações são realizadas repetidamente, a modalidade exige dos atletas uma boa condição aeróbia.

O condicionamento aeróbio pode ser avaliado pela potência aeróbia ( $VO_{2máx}$ ) e também pela capacidade aeróbia (limiar anaeróbio (Lan)) (MIDGLEY, MCNAUGHTON e JONES 2007). A este respeito, o Lan vem sendo amplamente utilizado para a prescrição de treinamento e como um indicador do *status* de treinamento de atletas (MIDGLEY, MCNAUGHTON e JONES 2007). As metodologias de identificação do Lan mais estabelecidas na literatura são o limiar ventilatório (LV) e o limiar de lactato (LL). A este respeito, Baiget, Iglesias e Rodríguez (2016) avaliaram a aptidão aeróbia de tenistas de nível internacional e nacional. Os autores observaram maior  $VO_{2máx}$  em atletas de nível internacional ( $60.6 \pm 5.1$  ml/kg/min) comparado aos de nível nacional ( $55.7 \pm 5.4$  ml/kg/min) e que o consumo de oxigênio no LV foi menor nos atletas nacionais ( $46.9 \pm 5.1$  ml/kg/min) comparado aos internacionais ( $51.8 \pm 3.8$  ml/kg/min), o que demonstra a importância do componente aeróbio para estes atletas. No entanto essas metodologias de determinação do Lan são invasivas e, sobretudo, de elevado custo; além de demandar pessoal treinado para a manipulação do equipamento.

Alguns autores têm demonstrado a possibilidade de utilizar métodos alternativos para obter a intensidade de ocorrência do Lan, como o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) (CONDE *et al.* 2014; ERDOGAN *et al.*

2010; DA SILVA *et al.* 2011) e o limiar de percepção subjetiva de esforço (PSE) identificado pelo método Dmax (DmaxPSE) (CONDE *et al.*, 2014; FABRE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2014) em indivíduos fisicamente ativos e de diversas modalidades (corredores, remadores, jogadores de futsal e futebol). No estudo de Conde *et al.*, (2014) não foi observada diferença significativa entre a intensidade de ocorrência do PDFC ( $91,8 \pm 3,9 \%FC_{\text{máx}}$ ) e do segundo limiar de lactato (LL<sub>2</sub>; [4 mmol]) ( $88,6 \pm 2,3 \%FC_{\text{máx}}$ ), demonstrando que o PDFC pode ser utilizado como um indicador do Lan. Recentemente, Fabre *et al.*, (2013) aplicaram o método D<sub>máx</sub> à curva de esforço percebido durante um teste progressivo e identificaram um limiar, o qual foi encontrado em intensidades similares ao LL<sub>2</sub>, sugerindo a possibilidade dessa variável ser utilizada como um estimador da intensidade do Lan.

No contexto esportivo atual, é necessário avaliar os atletas com os testes que mais se aproximem da especificidade da modalidade e que facilitem a rotina, uma vez que inserir testes que envolvam o deslocamento para um ambiente laboratorial com determinada frequência dificulta a rotina de treinamentos. Nesse sentido, diversos testes de campo foram propostos com a finalidade de avaliar o condicionamento aeróbio de atletas (CASTAGNA *et al.*, 2008; DA SILVA *et al.*, 2011). A este respeito o *Yo-Yo Endurance test* parece ser um bom teste para avaliar jogadores de tênis, uma vez que contempla as mudanças de direção e a característica intermitente da modalidade, além de ser exequível no espaço da quadra (BANGSBO, 1994).

Embora os valores finais de FC e PSE durante testes progressivos de esteira e de campo sejam os mesmos (CONDE *et al.*, 2016; DITTRICH *et al.*, 2011), é possível que nas velocidades intermediárias as respostas sejam diferentes. Durante testes em esteira, o PDFC e o DmaxPSE podem ser encontrados a partir do método Dmax. Por outro lado, em testes de campo, as respostas perceptivas e fisiológicas parecem depender do teste. Conde *et al.*, (2016) investigaram o PDFC e o DmaxPSE em 11 atletas de basquetebol utilizando o *Yo-Yo Intermittent Recovery test* nível 1 e compararam as respostas a um teste de esteira. No teste de campo não foi possível identificar o PDFC e o DmaxPSE em todos os indivíduos, provavelmente devido a forma de incremento da intensidade, que não é linear. Nesse sentido, investigar o PDFC e o DmaxPSE em um teste com incrementos de intensidade linear (neste estudo usaremos o *Yo-Yo Endurance Test* nível 1) é

importante para que se possa obter evidências sobre o efeito da forma de incremento de intensidade sobre as respostas perceptivas e fisiológicas, além de fornecer subsídio para uma avaliação confiável do condicionamento aeróbio de atletas.

Sendo assim, este estudo procurará elucidar a seguinte questão de pesquisa: Existem diferenças entre as intensidades de ocorrência dos limiares de transição fisiológica durante os testes de campo e laboratorial em atletas de tênis? A hipótese é de que as variáveis indicadoras de capacidade aeróbia identificadas durante o teste laboratorial se reproduzirão durante o *Yo-Yo Endurance Test* nível 1 em atletas de tênis.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Comparar as intensidades de ocorrência dos limiares ventilatório, de lactato, de frequência cardíaca e da PSE durante teste em esteira e *Yo-Yo Endurance Test* nível 1 em atletas de tênis.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Determinar o PDFC e DmaxPSE em esteira e no *Yo-Yo Endurance test* nível 1.
- b) Determinar o limiar de lactato em esteira.
- c) Verificar o grau de relacionamento entre os limiares de lactato e o PDFC e DmaxPSE obtidos tanto em esteira quanto no *Yo-Yo Endurance Test* nível 1.
- d) Comparar as intensidades de ocorrência dos limiares de lactato, PDFC e DmaxPSE, tanto em esteira como no *Yo-Yo Endurance Test* nível 1.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DEMANDAS FÍSICAS DO TÊNIS

O tênis é um esporte que depende de diversas ações anaeróbias realizadas repetidamente, tais como deslocamentos rápidos com mudanças constantes de direção, movimentos fortes e rápidos com os braços para atacar e defender, além do saque. No entanto, a partida em si é predominantemente aeróbia (FERNANDEZ *et al.* 2006). Nesse sentido, a aptidão aeróbia dos tenistas deve ser desenvolvida a fim de que possam manter o jogo em uma intensidade mais confortável. Em um estudo realizado por Baiget *et al.*, (2016), foi demonstrado que atletas de nível internacional tem melhor condicionamento aeróbio comparados a jogadores de nível nacional ( $60,6 \pm 5,1$  ml/kg/min e  $55,7 \pm 5,4$  ml/kg/min, respectivamente.  $P \leq 0,05$ ). Similarmente, o estudo de Baiget *et al.*, (2015) encontraram  $VO_{2m\acute{a}x}$  de  $58 \pm 4,6$  ml/kg/min em tenistas e, além disso, encontraram correlações importantes entre os indicadores de capacidade aeróbia (primeiro e segundo limiar ventilatório e  $VO_{2m\acute{a}x}$ ) e o tempo de permanência nas zonas de intensidade (zona 1: intensidades menores que o primeiro limiar ventilatório; zona 2: entre o primeiro e o segundo limiar ventilatório e zona 3: entre o segundo limiar ventilatório e o  $VO_{2m\acute{a}x}$ ), o que demonstra que quanto melhor condicionado aerobiamente for o atleta, maior será o tempo de jogo em menores intensidades (ver figura 1 para maior compreensão). O tempo médio de permanência foi  $77 \pm 25\%$  na zona 1,  $20 \pm 21\%$  na zona 2 e  $3 \pm 5\%$  na zona 3.

Em relação aos limiares ventilatórios, o estudo de Baiget *et al.*, (2015) encontrou o primeiro limiar em  $37,2 \pm 4,0$  ml/kg/min o que corresponde a  $65 \pm 5 \%$  do  $VO_{2m\acute{a}x}$ ; e o segundo limiar em  $49,4 \pm 9,8$  ml/kg/min, correspondente a  $84 \pm 7 \%$  do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . No estudo de Baiget *et al.*, (2016), o primeiro limiar foi encontrado em  $38,7 \pm 3,4$  ml/kg/min em atletas de nível internacional e em  $36,0 \pm 4,0$  ml/kg/min em atletas de nível nacional; e o segundo limiar em  $51,8 \pm 3,8$  ml/kg/min e  $46,9 \pm 5,1$  ml/kg/min em atletas de nível internacional e nacional, respectivamente ( $p \leq 0,05$ ). As concentrações de lactato ([La]) são, em geral, baixas. Em um estudo de revisão, Fernandez *et al.*, (2006) listaram diversos estudos nos quais as [La] variaram entre  $1,53 \pm 0,65$  mmol/L e  $4 \pm 1,1$  mmol/L. No entanto, os autores argumentam que durante *rallies* as [La] podem atingir 8 mmol/L, denotando maior participação do

metabolismo glicolítico. Nesse sentido, de acordo com o que foi apresentado anteriormente, o tênis é um esporte com características peculiares, que exigem ações intensas em alguns momentos do jogo, contudo, durante a maior parte do tempo a intensidade é baixa (inferior a 65 % $VO_{2máx}$ ), e aparentemente, um melhor condicionamento aeróbio resulta em uma intensidade de jogo mais confortável.

## 2.2 LIMIAR DE LACTATO

O limiar de lactato (LL) geralmente é determinado através de testes com aumento progressivo de cargas. Durante esses testes, nas primeiras intensidades, o lactato produzido é quase totalmente removido, de forma que a sua concentração no sangue é baixa. Com o aumento da intensidade, a taxa de produção excede a capacidade de remoção do lactato, fazendo com que a sua concentração sanguínea aumente exponencialmente até o máximo que o indivíduo pode suportar (pico) (SVEDAHL e MACINTOSH 2003).

O mecanismo fisiológico para que haja um aumento da [La] com a carga de trabalho parece estar associado a atuação da adrenalina na mobilização do glicogênio e as concentrações de cálcio ( $Ca^{2+}$ ), adenosina-difosfato (ADP), adenosina-monofosfato (AMP) e fosfato inorgânico (Pi). Mesmo sendo o glicogênio o principal substrato energético durante um exercício com cargas progressivas, é mobilizado pela adrenalina e, predominantemente metabolizado pela via aeróbia. Contudo, nem todo o piruvato será transformado em Acetil-CoA na mitocôndria pela piruvato desidrogenase (PDH); parte dele será degradado pela via anaeróbia (ambas levando a formação de lactato). Além disso, com a progressão do exercício e o aumento da intensidade, haverá aumento nas concentrações de  $Ca^{2+}$ , ADP, AMP e Pi, o que significa que o organismo está em déficit de energia e que a via aeróbia sozinha não está sendo suficiente. Sendo assim, a enzima fosfofrutoquinase tem sua atividade aumentada (BILLAT *et al.*, 2003), fazendo com que haja aumento da contribuição anaeróbia para o fornecimento de energia para o exercício (4,25% no início do exercício, em torno de 7% na intensidade do Lan e 14,25% no momento da exaustão) (BERTUZZI *et al.*, 2013), elevando as [La] exponencialmente a partir da intensidade do Lan até o máximo.

Com esse comportamento, geralmente, podem ser observados dois pontos de transição (figura 1); o primeiro ocorre quando o lactato tem um pequeno aumento

em relação aos níveis basais, também conhecido por limiar aeróbio ou primeiro limiar de transição fisiológica. O segundo ponto de transição ocorre quando há um desequilíbrio na produção/remoção do lactato, também chamado de Lan ou segundo limiar de transição fisiológica (FAUDE *et al.*, 2009).

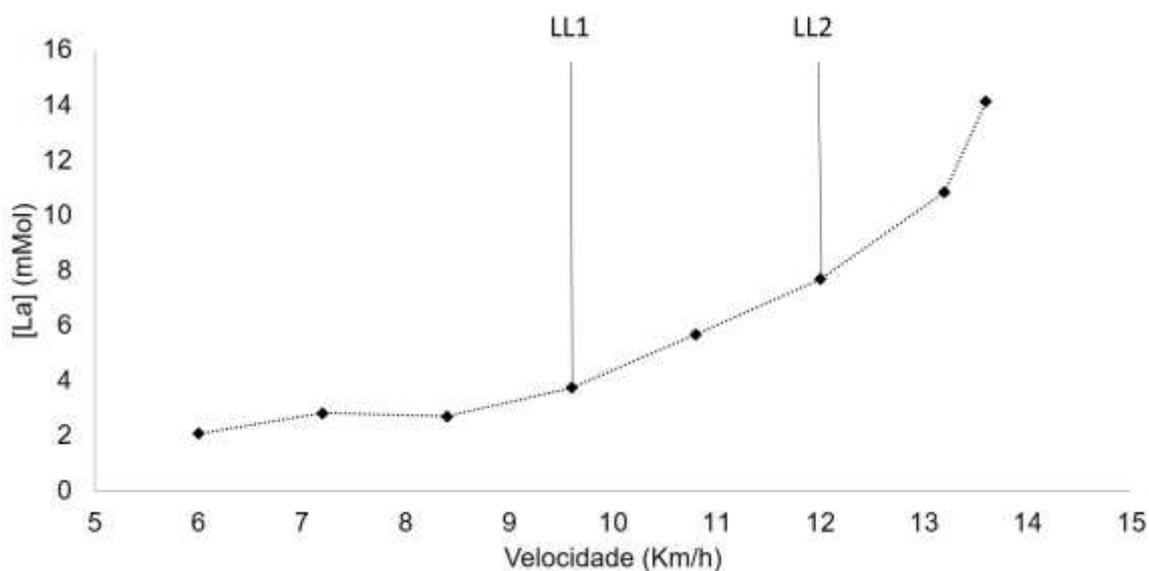


Figura 1 - Identificação do primeiro (LL1) e segundo (LL2) limiar de lactato (fonte própria).

A partir do LL é possível determinar com precisão os domínios de intensidade de exercício, os quais são: moderado, pesado e severo (GAESSER e POOLE, 1996). O domínio moderado ocorre em intensidades em que a taxa de produção de lactato não excede a taxa de remoção, ou seja, intensidade abaixo do primeiro limiar de lactato (LL<sub>1</sub>). Neste domínio, as variáveis fisiológicas (VO<sub>2</sub> e [La]) têm um pequeno aumento e rapidamente se estabilizam até o final do exercício. O domínio pesado está compreendido entre o LL<sub>1</sub> e o segundo limiar de lactato (LL<sub>2</sub>), sendo que as variáveis fisiológicas também atingem um platô, contudo o VO<sub>2</sub> apresenta um componente lento (que representa um pequeno aumento no VO<sub>2</sub> que normalmente seria gasto durante o exercício). Para mais informações sobre o componente lento do VO<sub>2</sub> sugere-se a leitura de Gaesser e Poole (1996). Por fim, o domínio severo compreende intensidades acima do LL<sub>2</sub>, nas quais as variáveis fisiológicas não atingem o estado estável, mas continuam a aumentar até que o indivíduo entre em exaustão (o valor obtido no momento da exaustão é considerado o máximo).

Os domínios de intensidade de exercício e, por sua vez, o LL, tem grande importância no que se refere ao treinamento. Os limiares de transição fisiológica têm íntima relação com a *endurance*. Quanto mais deslocado para a direita estiver o

limiar, melhor treinado aerobiamente o sujeito está, sendo assim o LL é uma forma de obter informações acerca do *status* de treinamento do indivíduo (MIDGLEY, MCNAUGHTON e JONES, 2007). No entanto, ele também pode ser utilizado para a prescrição do treinamento. A carga do LL<sub>1</sub> é descrita como ótima para a reabilitação cardíaca (MEYER *et al.*, 2005) e treino regenerativo de baixa intensidade para corredores de *endurance* (FAUDE *et al.*, 2009). Por outro lado, treinos de baixa intensidade não são suficientes para eliciar um ajuste fisiológico e melhorar a *performance*; para tal é necessário que o treinamento atinja ou ultrapasse um certo limite de intensidade, na carga do LL<sub>2</sub> ou acima dela (MIDGLEY, MCNAUGHTON e JONES, 2007).

### 2.3 PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A FC durante um teste com cargas progressivas apresenta um comportamento sigmoide (em forma de S), sendo que após a fase linear (próximo as cargas finais do exercício), há uma quebra na linearidade da curva (BROOKE e HAMLEY, 1972), fenômeno conhecido por PDFC.

As bases fisiológicas que explicam o PDFC ainda não são bem compreendidas, contudo, parece haver uma relação do PDFC com o aumento da função miocárdica (BODNER e RHODES, 2000). Pokan *et al.* (1993) demonstrou que a fração de ejeção do ventrículo esquerdo, durante um teste progressivo, atinge valores máximos antes que a intensidade máxima do teste seja atingida, o que faz com que haja uma quebra na linearidade da curva (em alguns sujeitos mais evidente e em outros menos), e o aumento da fração de ejeção do ventrículo esquerdo se relacione com o PDFC.

Em um estudo clássico Conconi *et al.*, (1982) submeteram 210 indivíduos a um teste progressivo em pista. Os autores encontraram uma quebra na linearidade da curva próxima as cargas finais do exercício (PDFC). Devido à dificuldade de coleta, o limiar anaeróbio foi medido em 10 atletas somente através da mensuração do lactato do sangue venoso ao final de 3 intensidades abaixo e 3 intensidades acima do PDFC. Os autores encontraram uma correlação de 0,99 entre o PDFC e o Lan nesses 10 sujeitos. A partir de então diversos estudos foram conduzidos testando a relação do PDFC com o Lan (BOURGOIS *et al.*, 2004; CONDE *et al.*, 2014; ERDOGAN *et al.*, 2010; VACHON, BASSETT e CLARKE, 1999).

Vachon, Bassett e Clarke (1999) estudaram 8 sujeitos em quatro testes: 1- Teste progressivo para determinar o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , 2- Teste proposto por Conconi em pista de 400m com aumento de  $0,5 \text{ Km.h}^{-1}$  a cada 200m, 3- Um teste progressivo em esteira com incrementos de  $0,5 \text{ Km.h}^{-1}$  a cada minuto e 4- Um teste progressivo com estágios de 3 minutos de duraao e incrementos de  $0,8 \text{ Km.h}^{-1}$  para determinar o LL. Embora tenham encontrado correlaao entre as variáveis ( $r = 0,68$ ), os autores observaram o PDFC e o LL em intensidades significativamente diferentes ( $14,92 \pm 1,43 \text{ Km.h}^{-1}$ ;  $17,99 \pm 1,51 \text{ Km.h}^{-1}$ , respectivamente.  $P < 0,05$ ), concluindo que o PDFC não foi um bom preditor do LL.

O estudo de Bourgois *et al.*, (2004) realizado com ciclistas de estrada encontrou que a potência no LL ( $238 \pm 27 \text{ W}$ ) foi menor comparada ao PDFC ( $315 \pm 31 \text{ W}$ ), no entanto na concentraao ( $[\text{La}]$ ) fixa de  $3 \text{ mmol}^{-1}$  ( $312 \pm 38 \text{ W}$ ) a potência foi similar  do PDFC, o que ainda  suportado pela correlaao significativa entre o PDFC e a  $[\text{La}]$  fixa de  $3 \text{ mmol}^{-1}$  ( $r = 0,69$ ). Os autores, no mesmo estudo, submeteram os sujeitos a um teste contínuo na intensidade do PDFC, com a hipótese de que haveria estabilizaao das variáveis fisiológicas; no entanto o estado estável do lactato foi observado somente em 4 dos 11 sujeitos, o que sugere que os sujeitos não estavam no mesmo domínio de intensidade. Muito provavelmente, este seja um problema causado pela forma de mensuraao do PDFC, o qual foi feito por inspeao visual. O estudo realizado por Erdogan *et al.*, (2010) com remadores encontrou o PDFC ( $283 \pm 38 \text{ W}$ ) em cargas menores que o LL identificado pela  $[\text{La}]$  fixe de  $4 \text{ mmol}^{-1}$  ( $322 \pm 35 \text{ W}$ ) e pelo método  $D_{m\acute{a}x}$  ( $302 \pm 35 \text{ W}$ ), embora o  $VO_2$  e o  $\%VO_{2m\acute{a}x}$  tenha sido igual entre o PDFC e a  $[\text{La}]$  fixa de  $4 \text{ mmol}^{-1}$ .

No estudo de Lucia *et al.*, (2002), o método de identificaao do PDFC foi através de um modelo matemático de duas linhas de tendências lineares e o ponto em que ambas se cruzavam era considerado o PDFC. Este ponto e o OBLA, em ciclistas de estrada, foram encontrados na mesma carga relativa ( $85,2 \pm 3 \%VO_{2m\acute{a}x}$  e  $87,9 \pm 2 \%VO_{2m\acute{a}x}$ , respectivamente) e absoluta ( $350 \pm 15 \text{ W}$  e  $367 \pm 12$ , respectivamente), demonstrando que o PDFC pode ser utilizado como estimador do LL.

Embora o estudo supracitado tenha utilizado um método matemático, a literatura apresenta trabalhos bastante divergentes no que diz respeito a identificaao do PDFC e sua associaao com o LL. Diversos estudos, principalmente os pioneiros no assunto (BOURGOIS *et al.* 2004; CONCONI *et al.* 1982; VACHON,

BASSETT e CLARKE, 1999), identificaram o PDFC por inspeção visual; no entanto, em alguns sujeitos a quebra na linearidade da curva é pouco perceptível, até mesmo para pesquisadores experientes. Nesse sentido, Kara *et al.*, (1996) propôs a identificação do PDFC pelo modelo matemático  $D_{m\acute{a}x}$ , o que permite identificar a quebra na linearidade da curva em todos os sujeitos. Neste método os valores iguais ou superiores a 140 bpm são plotados em um gráfico em função da intensidade de exercício. São aplicadas uma linha de tendência linear ligando os dois extremos da curva (primeiro e último valor) e uma linha de tendência polinomial de terceira ordem passando por todos os pontos da curva, sendo que a maior diferença entre os dois ajustes é considerada o PDFC (figura 2).

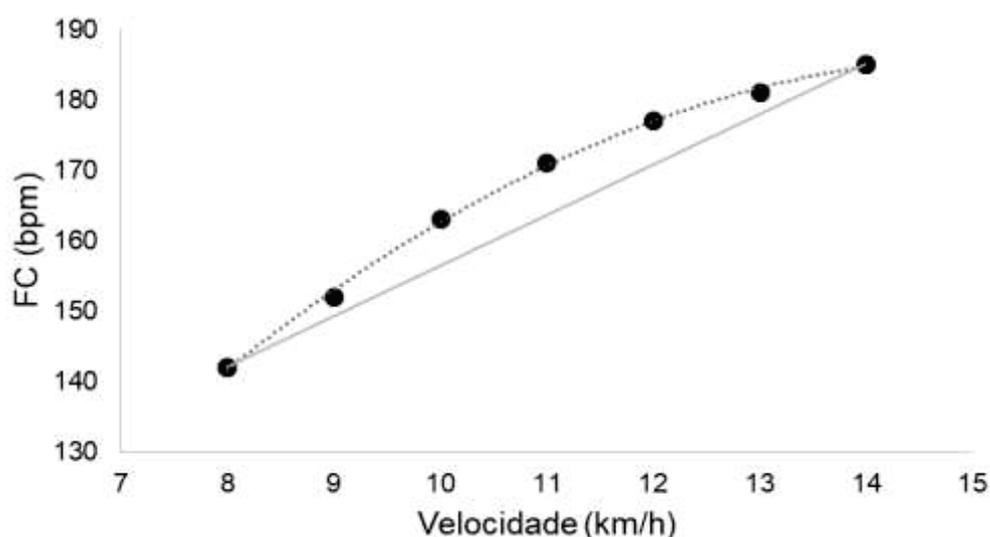


Figura 2 - Identificação do PDFC pelo método  $D_{m\acute{a}x}$  (Kara *et al.*, 1996) (Fonte própria).

A este respeito, Conde *et al.*, (2014) avaliaram o PDFC identificado pelo método  $D_{m\acute{a}x}$  em 9 sujeitos fisicamente ativos em um teste progressivo em esteira e o encontraram na mesma intensidade do OBLA ( $91,8 \pm 3,9 \%FC_{m\acute{a}x}$  e  $88,6 \pm 2,3 \%FC_{m\acute{a}x}$ , respectivamente.  $P > 0,05$ ). Tais resultados sugerem que o PDFC pode ser utilizado para estimar o LL e para a prescrição de treinamento. Ainda há necessidade de uma padronização na forma de identificação do PDFC, uma vez que provavelmente o motivo para a não identificação do PDFC e do LL em alguns estudos.

Recentemente, Conde *et al.*, (2016) investigaram a possibilidade de identificação do PDFC durante o *Yo-Yo Intermittent Recovery Test* nível 1 em atletas de basquetebol. Os atletas realizaram um teste em esteira ergométrica com

velocidade inicial de  $6 \text{ km.h}^{-1}$  e incrementos de  $1 \text{ km.h}^{-1}$  a cada dois minutos e o Yo-Yo IR1. Dos onze atletas, o PDFC foi encontrado em apenas 6 durante o teste de campo, enquanto no teste em esteira, o PDFC foi identificado em todos os indivíduos. Em indivíduos cujo primeiro valor de FC igual ou superior a 140 bpm ocorreram antes de  $13,5 \text{ km.h}^{-1}$ , não foi possível identificar o PDFC, uma vez que o ajuste matemático não se adequou ao comportamento da FC durante o teste e fez com que o ajuste permeasse valores irrealistas, que os indivíduos não obtiveram.

## 2.4 LIMIAR DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

Para a apresentação dessa sessão, será utilizado um artigo, o qual abordará com precisão o que é, como é calculado e o que se sabe até o momento sobre o limiar de esforço percebido, ou limiar de PSE.

### **Limiar de Esforço Percebido: Uma Revisão Narrativa**

#### **RESUMO**

Os limiares de transição fisiológica (LTF) são ferramentas importantes para avaliação do desempenho. Nesse sentido, o limiar de esforço percebido, identificado pelo modelo matemático  $D_{max}$  ( $D_{maxPSE}$ ), é um novo método proposto na literatura com a finalidade de estimar os limiares ventilatório e lactato (VT e LT, respectivamente). Além disso, o  $D_{maxPSE}$  parece ser capaz de discriminar indivíduos com níveis de treinamento diferentes. Por outro lado, esta metodologia é nova e carece mais investigação. Assim, o objetivo do presente estudo foi revisar o que se sabe sobre o  $D_{maxPSE}$ , desde o cálculo até o relacionamento com o LTF; e, finalmente, apontar novos caminhos para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:**  $D_{maxPSE}$ ; Limiar anaeróbio; Transição fisiológica.

#### **INTRODUÇÃO**

Os limiares de transição fisiológica (LTF) são ferramentas importantes para avaliar o desempenho e o estado de treinamento dos indivíduos, especialmente em

atletas de *endurance* (MIDGLEY, MCNAUGHTON e JONES 2007). Em testes incrementais máximos, é possível determinar variáveis, como a intensidade de trabalho (em watts ou  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), a frequência cardíaca (FC) alvo, consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ), o *pace* ( $\text{min}\cdot\text{km}^{-1}$ ) e, até mesmo um escore de percepção subjetiva de esforço (PSE) alvo, correspondentes ao limiar de transição fisiológica e, que auxiliam na prescrição do treinamento (FABRE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2016).

O comportamento de variáveis ventilatórias e metabólicas, permitem a identificação dos pontos de transição fisiológica – limiar ventilatório (LV) e de lactato (LL) – considerados métodos padrão ouro, uma vez que são medidas diretas da capacidade aeróbia (SVEDAHL e MACINTOSH, 2003). No entanto, estas metodologias envolvem processos que dificultam a sua aplicação no ambiente prático: materiais de alto custo; métodos invasivos, através de análise sanguínea para mensuração das concentrações de lactato ([La]); e/ou desconfortáveis, com a utilização de máscaras para a análise de trocas respiratórias.

Neste sentido, investigações recentes buscam estudar metodologias alternativas e menos dispendiosas para estimar os limiares de transição fisiológica identificados por métodos padrões ouro. O ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), proposto inicialmente em 1982 por Conconi e seus colaboradores e, o limiar de percepção subjetiva de esforço (DmaxPSE) (FABRE *et al.* 2013), são exemplos abordados pela literatura científica.

Cheng *et al.*, (1992) propuseram o uso do método Dmax para as [La], o qual pressupõe que o LL ocorre na máxima distância entre uma linha reta, ligando os dois extremos da curva (primeiro e último valor) e um ajuste polinomial de terceira ordem, passando por todos os pontos da curva, *i.e.*, o ponto em que ocorre um aumento abrupto das [La] é facilmente discriminado por este modelo matemático. Similarmente ao lactato, os escores de PSE obtidos através das escalas CR-10 e CR-100 de Borg, durante um teste incremental, parecem não se comportarem de forma linear. Sendo assim, Fabre *et al.*, (2013) aplicaram o método Dmax à curva de PSE durante um teste incremental máximo, em ciclo ergômetro e, identificaram o LL e o DmaxPSE em intensidades semelhantes ( $207.1 \pm 32.8$  e  $212.8 \pm 36.6$  W;  $p > .05$ ). Posteriormente, outros trabalhos foram conduzidos com a intenção de entender o método e suas possibilidades (CONDE *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2014). Uma das vantagens da utilização de métodos matemáticos, como o Dmax, é a consideração da individualidade biológica. O estudo de Fabre *et al.*, (2013)

demonstrou que as respostas perceptivas no DmaxPSE variaram de 15,8 a 59,8 pontos na escala CR-100, entre os indivíduos, enfatizando a superioridade de abordagens matemáticas em relação aos escores fixos (FERICHE *et al.*, 1998; MONNIER-BENOIT, GROSLAMBERT e ROUILLON, 2009; ZAMUNÉR *et al.*, 2011), os quais não consideram as respostas individuais biológicas distintas perante a um mesmo estímulo.

Embora os estudos venham identificando semelhanças entre o DmaxPSE e abordagens padrões ouro, o método ainda carece de investigações. Por esta razão, o objetivo desta revisão foi elucidar o que se sabe sobre a utilização do DmaxPSE e apontar possíveis caminhos para futuras pesquisas.

## O CÁLCULO

A determinação do DmaxPSE depende, necessariamente, de um teste incremental, pois se baseia em um gráfico no qual os escores de PE são plotados em função da carga de trabalho (em watts ou  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , dependendo do ergômetro utilizado) (CONDE *et al.*, 2014; FABRE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014) (Figura 3). Para fins didáticos, tomaremos como exemplo o estudo de Conde *et al.*, (2016), no qual foi utilizada a escala de CR-10 de Borg. Uma vez que o gráfico foi criado, são aplicados dois ajustes à curva de PE – um primeiro ajuste linear, ligando os dois extremos da curva (*i. e.* primeiro e último valor) e um segundo ajuste polinomial de terceira ordem passando por todos os pontos da curva. O protocolo de teste laboratorial adotado por Conde e colegas (2016), inicia-se a  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  e contém incrementos de  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada dois minutos. Cada um dos ajustes dá origem a uma equação, as quais são utilizadas para estimar o escore de PE. O “X” das equações deve ser substituído pelos valores de intensidade, no entanto, não somente o respectivo a cada estágio, mas sim de forma decimal, para uma aproximação mais exata – haja vista que o limiar pode ocorrer entre um estágio e outro e, não necessariamente, no momento exato em que um estágio termina e outro começa – conforme a Figura 3. Sendo assim, são necessárias quatro colunas para a realização dos cálculos: uma para os valores de intensidade; duas para os ajustes linear e polinomial de terceira ordem, respectivamente; e, uma coluna para a diferença entre os dois ajustes (Figura 4). O limiar é identificado como sendo o maior

valor positivo ou negativo (valores analisados em módulo) entre os ajustes, o que corresponde a máxima distância entre eles (destacado na Figura 4).

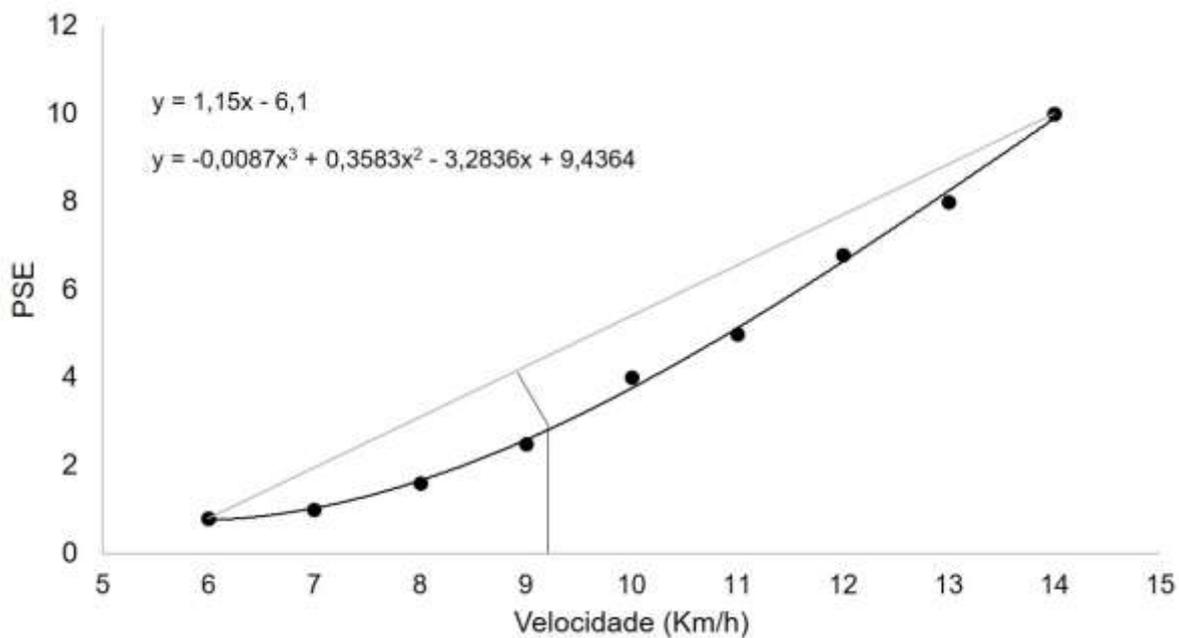


Figura 3 - Método Dmax aplicado a curva de esforço percebido. Fonte: Conde *et al.*, (2016). PSE = Percepção Subjetiva de Esforço.

INT	LINEAR	POLYNOM.	DMAX
7,8	2,87	1,49469	1,37531
7,9	2,985	1,568024	1,416976
8	3,1	1,6444	1,4556
8,1	3,215	1,723766	1,491234
8,2	3,33	1,80607	1,52393
8,3	3,445	1,89126	1,55374
8,4	3,56	1,979283	1,580717
8,5	3,675	2,070087	1,604912
8,6	3,79	2,163621	1,626379
8,7	3,905	2,259831	1,645169
8,8	4,02	2,358666	1,661334
8,9	4,135	2,460073	1,674927
9	4,25	2,564	1,686
9,1	4,365	2,670395	1,694605
9,2	4,48	2,779206	1,700794
9,3	4,595	2,890381	1,704619
9,4	4,71	3,003867	1,706133
9,5	4,825	3,119612	1,705387
9,6	4,94	3,237565	1,702435
9,7	5,055	3,357672	1,697328

Figura 4 - Exemplo de aplicação das equações originadas dos ajustes linear e polinomial de terceira ordem. INT – intensidade em km.h-1; LINEAR – ajuste linear; POLYNOM. – ajuste polinomial de terceira ordem; e, DMAX – diferença entre os dois ajustes.

A compreensão das escalas de PSE é fundamental e, além disso, as escalas distintas podem ter diferenças com relação ao DmaxPSE (FABRE *et al.* 2013). Por exemplo, a escala *RPE 6-20* possui um comportamento linear durante um teste incremental, o que impede a aplicação bem-sucedida do modelo matemático Dmax. Por outro lado, a escala *CR-10* permite o uso de casas decimais e a *CR-100* possui graduações precisas, que leva a um comportamento não linear, permitindo o cálculo (as instruções para o uso das escalas de PSE podem ser encontradas no livro *Borg's perceived exertion and pain scales* (Borg 1998)).

## IDENTIFICAÇÃO

Os estudos de Fabre *et al.*, (2013); Ferreira *et al.*, (2014); Conde *et al.*, (2014) e Ferreira *et al.*, (2016) não reportam a impossibilidade de identificação do DmaxPSE nos indivíduos da amostra (n = 21, 9, 9 e 24, respectivamente). Contudo, o estudo de Conde *et al.*, (2016), que avaliou atletas de basquetebol universitários

do sexo masculino, demonstrou que no teste de esteira o DmaxPSE foi encontrado em 10 de 11 indivíduos e, no teste de campo (*Yo-Yo Intermittent Recovery Test* nível 1), em apenas 7 de 11 indivíduos. Adicionalmente, quando foi possível “identificar” o DmaxPSE durante o teste de campo, a intensidade foi a mesma para os 7 avaliados ( $\sim 13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Os autores justificam que esta limitação na identificação do DmaxPSE durante o *Yo-Yo Intermittent Recovery test* se deve à forma de incremento não linear da intensidade e do número de corridas a serem realizadas em cada estágio (CASTAGNA *et al.*, 2008). O teste de campo se inicia a  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , contudo, essa intensidade foi suportada por apenas uma corrida de 40m (2 x 20m), de modo que a PSE experimentada neste estágio foi baixa ( $< 1$  ponto na escala CR-10). Da mesma forma, o segundo e o terceiro estágios ( $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  – uma volta e  $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  – duas voltas) não foram tão exigentes devido à baixa duração, o que fez com que a PSE permanecesse baixa (2~3 pontos). A partir do estágio seguinte, no qual os atletas deveriam percorrer três voltas a  $13,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a PSE se elevou abruptamente, de modo que o teste criou uma tendência de resposta para o DmaxPSE e, portanto, parece não representar o limiar real. O fato de os demais estudos terem sido realizados com protocolos cujos incrementos de carga foram lineares, suportam a hipótese de que a forma de incremento de carga influencia na identificação do DmaxPSE.

## RELAÇÃO COM OS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA

À luz do conhecimento, apenas quatro estudos testaram a relação entre o DmaxPSE e métodos padrão ouro (LL ou LV), os quais estão resumidos na tabela 1. No estudo de Fabre e colaboradores (2013), pioneiros ao proporem a utilização do DmaxPSE, os autores não identificaram diferenças entre o DmaxPSE, o DmaxLa e o RER = 1.00 ( $78,8 \pm 5,8$ ;  $78,7 \pm 6,1$ ; e  $80,7 \pm 6,9 \text{ \%VO}_{2\text{max}}$ , respectivamente;  $p > .05$ ). Por outro lado, foram observadas diferenças estatisticamente significativas para os demais métodos de identificação do limiar anaeróbio (Lan), sendo que a concentração fixa de  $2\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $[2\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}]$ ) e o LV foram superestimados ( $72,5 \pm 13,1$  e  $70,6 \pm 7,1 \text{ \%VO}_{2\text{max}}$ , respectivamente;  $p < .05$ ) e a concentração fixa de  $4\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $[4\text{mMol}\cdot\text{l}^{-1}]$ ) e o ponto de compensação respiratória (PCR) foram subestimados ( $84,5 \pm 9,5$  e  $85,5 \pm 5,07 \text{ \%VO}_{2\text{max}}$ , respectivamente;  $p < .05$ ). A plotagem de Bland-Altman, realizada no estudo, confirma a similaridade entre o

DmaxPSE e os métodos DmaxLa e RER = 1.00, uma vez que apresentam baixo viés e boa concordância. Os autores ainda reportam correlações fortes entre o VO<sub>2</sub> no DmaxPSE e o VO<sub>2</sub> no DmaxLa ( $r = .97$ ;  $p < .001$ ), RER = 1.00 ( $r = .97$ ;  $p < .001$ ), [2mMol.l<sup>-1</sup>] ( $r = .85$ ;  $p < .01$ ), [4mMol.l<sup>-1</sup>] ( $r = .93$ ;  $p < .001$ ), LV ( $r = .95$ ;  $p < .001$ ) e PCR ( $r = .95$ ;  $p < .001$ ).

Ferreira *et al.*, (2014) investigaram os efeitos de uma dieta com baixo teor de carboidrato (CHO) e de curto tempo (72h) sobre o DmaxPSE e o DmaxLa. De acordo com os autores, poderia se esperar que os limiares fossem dissociados com a intervenção dietética, uma vez que a baixa disponibilidade de CHO afeta negativamente a glicólise e a glicogenólise durante um teste incremental, possivelmente pelo aumento da atividade da enzima fosfofrutoquinase-2 (PFK-2) e redução da fosfofrutoquinase-1 (PFK-1) (LANGFORT *et al.*, 1997). No entanto, a redução das [La] seguidas da dieta com baixo CHO ocorreram somente em cargas iguais ou superiores a 80% da carga máxima (%W<sub>max</sub>). Sendo assim, a análise estatística revelou que o DmaxPSE e o DmaxLa ocorreram em intensidades similares, independentemente da condição dietética (controle: DmaxPSE = 54,6 ± 17,2; DmaxLa = 60,1 ± 8,0 %W<sub>max</sub>. CHO reduzido: DmaxPSE = 61,5 ± 14,2; DmaxLa = 56,1 ± 9,6 %W<sub>max</sub>;  $p > .05$ ). A FC relativa a máxima (%FC<sub>max</sub>) e os escores de PE também não sofreram efeito dos limiares ou da dieta (controle: DmaxPSE = 72,1 ± 11,9 %FC<sub>max</sub> e 3,4 ± 1,9 pontos; DmaxLa = 75,4 ± 6,3 %FC<sub>max</sub> e 3,9 ± 1,1 pontos. CHO reduzido: DmaxPSE = 74,7 ± 10,1 %FC<sub>max</sub> e 3,7 ± 1,5 pontos; DmaxLa = 71,5 ± 7,5 %FC<sub>max</sub> e 3,4 ± 1,2 pontos;  $p > .05$ ). Em adição, foi observada uma forte correlação ( $r = .75$ ) entre a carga no DmaxPSE e a carga no DmaxLa na dieta controle, além de a plotagem de Bland-Altman ter demonstrado baixo viés e boa concordância para a carga nos limiares em ambas as dietas, o que suporta o uso do DmaxPSE em detrimento do DmaxLa.

Tabela 1 - Resumo dos estudos que avaliaram a relação entre DmaxPSE e métodos padrão ouro para a identificação dos limiares de transição fisiológica.

Estudo	Amostra	Ergômetro, teste e escala de PE utilizadas	Variáveis mensuradas	Resumo dos resultados
Fabre <i>et al.</i> 2013	21 indivíduos fisicamente ativos (13 homens e 8 mulheres). Idade = 20,9 ± 5,9 anos.	Ciclo Ergômetro. Início a 70 W por 5 min e incrementos de 30 W a cada 3 min até a exaustão. Cadência = 80 rpm. Escala CR-100 de Borg.	VO <sub>2</sub> , FC, PE e Carga (W) correspondentes ao DmaxPSE, DmaxLa, [2mMol.l <sup>-1</sup> ], [4mMol.l <sup>-1</sup> ], RER = 1,00, LV e PCR.	O DmaxPSE foi similar ao DmaxLa e ao RER = 1.00. Superestimou a [2mMol.l <sup>-1</sup> ] e o LV e subestimou a [4mMol.l <sup>-1</sup> ] e o PCR.
Ferreira <i>et al.</i> 2014	9 estudantes universitários do sexo masculino. Idade = 26,0 ± 4,1 anos.	Ciclo Ergômetro. Carga inicial de 25 W e incrementos de 25 W a cada 2 min até a exaustão. Cadência = entre 60 e 70 rpm. Escala CR-10 de Borg.	Carga (W), FC, [La] e PE no DmaxPSE e no DmaxLa sob duas condições de dieta: Controle vs. CHO reduzido.	O DmaxPSE foi similar ao DmaxLa independentemente das condições dietéticas.
Conde <i>et al.</i> 2014	9 indivíduos fisicamente ativos do sexo masculino. Idade = 22,2 ± 2,7 anos.	Esteira ergométrica. Velocidade inicial = 6km.h <sup>-1</sup> e incrementos de 1km.h <sup>-1</sup> a cada 2 min até a exaustão. Escala CR-10 de Borg.	FC, velocidade (km.h <sup>-1</sup> ) e PE no DmaxPSE, PDFC e [4mMol.l <sup>-1</sup> ].	DmaxPSE foi similar ao PDFC e a [4mMol.l <sup>-1</sup> ].
Ferreira <i>et al.</i> 2016	24 indivíduos do sexo masculino (13 ciclistas e 11 fisicamente ativos). Idade = 35,9 ± 9,3 e 28,5 ± 10,1 anos, respectivamente.	Ciclo ergômetro. Início a 110 W por 5 min e incrementos de 45 W a cada 3 min até a exaustão. Cadência = 80 rpm. Escala CR-100 de Borg.	Carga (W), FC, PE e [La] no DmaxPSE e DmaxLa em dois grupos: ciclistas treinados vs. indivíduos fisicamente ativos.	O DmaxPSE foi estatisticamente diferente do DmaxLa em todas as variáveis.

Nota: VO<sub>2</sub> – consumo de oxigênio; DmaxPSE – limiar de esforço percebido; DmaxLa – LL identificado pelo método Dmax; [2mMol.l<sup>-1</sup>] – concentração de lactato fixa de 2 mMol.l<sup>-1</sup>; [4mMol.l<sup>-1</sup>] – concentração de lactato fixa de 4 mMol.l<sup>-1</sup>; RER – coeficiente de trocas respiratórias; LV – limiar ventilatório; PCR – ponto de compensação respiratória; FC – frequência cardíaca; e PDFC – ponto de deflexão da frequência cardíaca.

Ainda neste contexto, Conde *et al.*, (2014) compararam as intensidades de ocorrência do DmaxPSE, PDFC e [4mMol.l<sup>-1</sup>]. Não foram encontradas diferenças significativas entre os limiares (DmaxPSE = 89,7 ± 7,6; PDFC = 91,8 ± 3,9 e [4mMol.l<sup>-1</sup>] = 88,6 ± 2,3 %FC<sub>max</sub>;  $p > 0,05$ ). Corroborando com os demais estudos supracitados, os autores também reportaram escores de PE similares entre os limiares (DmaxPSE = 5,4 ± 1,9; PDFC = 5,9 ± 2,1 e [4mMol.l<sup>-1</sup>] = 4,9 ± 1,3 pontos,  $p > .05$ ). Por outro lado, as variáveis no DmaxPSE apresentaram correlações baixas e não significativas com o PDFC e com a [4mMol.l<sup>-1</sup>], conforme demonstrado na Tabela 2. O fato de não terem sido encontradas correlações entre o DmaxPSE e a [4mMol.l<sup>-1</sup>] dificultam o entendimento acerca da real aplicabilidade do método,

contudo, o DmaxPSE parece ter um razoável poder de predição do LL (mensurado pela [4mMol.l<sup>-1</sup>]).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação entre DmaxPSE, PDFC e [4mMol.l<sup>-1</sup>], apresentados no estudo de Conde *et al.*, (2014).

	<b>FC</b>	<b>%FCmáx</b>	<b>PSE</b>	<b>Velocidade</b>	<b>%PV</b>
PDFC vs. [4mMol.l <sup>-1</sup> ]	0,91*	0,87*	0,91*	0,90*	0,16
DmaxPSE vs. PDFC	0,14	-0,07	-0,02	0,07	-0,53
DmaxPSE vs. [4mMol.l <sup>-1</sup> ]	0,35	0,15	0,19	0,04	0,60

\*Correlações estatisticamente significativas ( $p \leq .05$ ). %PV – Intensidade relativa ao pico de velocidade.

Em contrapartida, Ferreira *et al.*, (2016) demonstraram que o DmaxPSE subestimou o DmaxLa (ciclistas treinados:  $77,2 \pm 6,4$  e  $83,0 \pm 7,7$  %FC<sub>max</sub>, respectivamente;  $p \leq .05$  e indivíduos fisicamente ativos:  $76,7 \pm 6,3$  e  $83,1 \pm 7,3$  %FC<sub>max</sub>, respectivamente;  $p \leq .05$ ). As demais variáveis (listadas na Tabela 1) foram inferiores no DmaxPSE comparadas ao DmaxLa ( $p \leq .05$ ). Os autores reportam que a diferença entre as intensidades de ocorrência dos limiares tenha ocorrido pela distinção no tempo de resposta das [La] e da PE (Marcora, 2009), devido a alta exigência do protocolo utilizado (incrementos de 45 W a cada 3 min vs. incrementos de 25-30 W, como observados nos estudos de Fabre *et al.*, (2013) e Ferreira *et al.*, (2014)).

De fato, o mecanismo pelo qual o DmaxPSE os métodos padrão ouro para a determinação do Lan se relacionam ainda não estão bem compreendidos. O modelo do governador central tem sido utilizado para explicar as relações entre a PSE e as variáveis fisiológicas (NOAKES, PELTONEN e RUSKO, 2001); os resultados obtidos nas investigações de Fabre *et al.*, (2013) e Ferreira *et al.*, (2014) corroboram com este modelo, o qual propõe que a PSE é gerada a partir de um mecanismo de retroalimentação, em que os grupos aferentes III e IV sinalizam para o sistema nervoso central (SNC) a condição muscular durante o exercício (*feedback*) – com base na quantidade de glicogênio disponível, pH, estresse metabólico, além de informações externas como temperatura e altitude; e, estas informações são interpretadas pelo cérebro, no qual é gerada a PSE (*feedforward*) (NOAKES, PELTONEN e RUSKO, 2001). Possivelmente, no trabalho de Ferreira *et al.* (2016), a tarefa dissociou o DmaxPSE e o DmaxLa porque [La] e PE tiveram um tempo de resposta diferente; no entanto, outras variáveis além do lactato também influenciam a PSE, o que a faz aumentar mais cedo em relação às [La].

## SENSIBILIDADE AO TREINAMENTO

Percebe-se a escassez de estudos que avaliam os diferentes níveis de treinamento e sua associação com o método DmaxPSE Ferreira *et al.*, (2016) identificaram, em ciclistas treinados, que o DmaxPSE ocorre em uma carga externa (*power output*) superior, quando comparados a indivíduos fisicamente ativos ( $p \leq .05$ ). A FC e PSE no limiar não foram estatisticamente diferentes entre os grupos ( $p > .05$ ), porém as [La] foram menores nos ciclistas ( $p \leq .05$ ). A Figura 3 demonstra a resposta das variáveis carga, PSE, FC e [La] em ciclistas treinados e indivíduos fisicamente ativos. Neste estudo, as variáveis de carga e [La] demonstraram ser sistematicamente diferentes entre os limiares (~35 W) e entre os grupos (~50 W), porém, a FC e a PSE no DmaxPSE foram semelhantes. Esses resultados sugerem que o método é eficiente para discriminar indivíduos com diferentes estados de treinamento. Por outro lado, este estudo possui característica transversal; portanto, novos estudos que avaliem a sensibilidade do DmaxPSE ao treinamento com desenho experimental longitudinal são necessários para confirmar estes resultados.

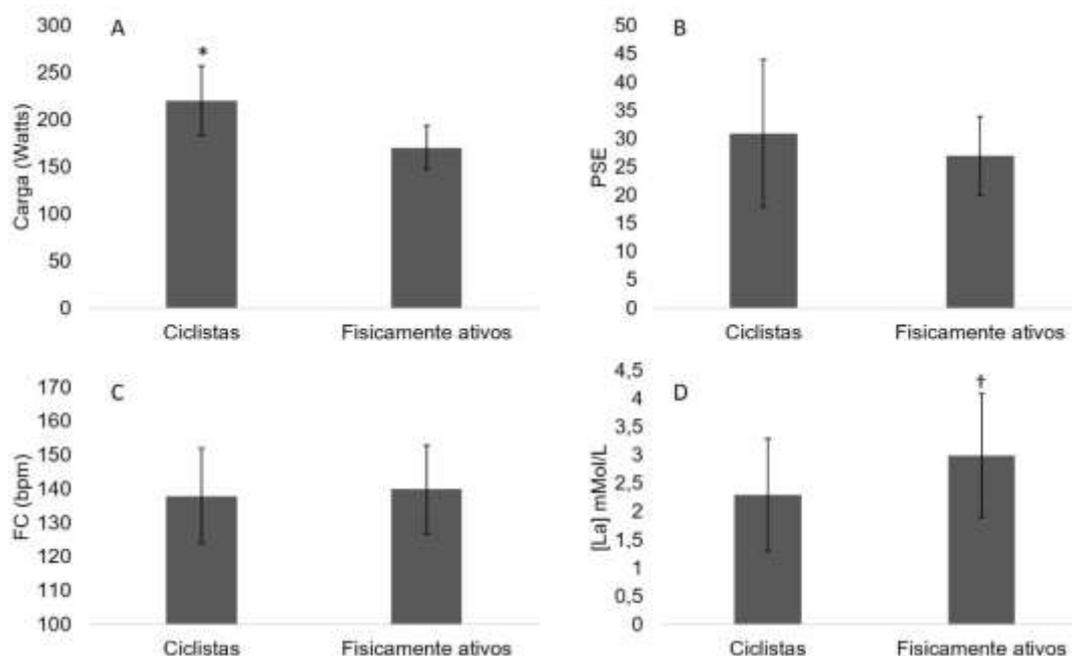


Figura 5 - Figura 5 - Resposta da (A) carga (W), (B) PSE (scores); (C) FC (bpm); e (D) [La] (mMol) no DmaxPSE, em ciclistas treinados e indivíduos fisicamente ativos. Dados reproduzidos com permissão do estudo de Ferreira *et al.*, (2016). \*Significativamente maior em indivíduos fisicamente ativos em comparação a ciclistas

## CONCLUSÃO

Diante do exposto e à luz do conhecimento atual, percebe-se a carência de estudos (apenas cinco) acerca da utilização do método DmaxPSE. Contudo, este método parece ser encontrado em intensidades similares ao DmaxLa e RER = 1.00, que o torna uma ferramenta de baixo custo e de fácil aplicação para estimar o Lan. Por outro lado, algumas limitações podem ser observadas. O protocolo utilizado para a avaliação parece influenciar a identificação; os protocolos com incrementos de carga e com duração de estágios altos, parecem dissociar o DmaxPSE e o DmaxLa, enquanto protocolos com incrementos de intensidade não lineares dificultam a aplicação do modelo matemático Dmax. Em adição, o DmaxPSE parece ser uma ferramenta viável para discriminar níveis de treinamento diferentes. No entanto, encoraja-se a realização de estudos que investiguem o método envolvendo desenhos experimentais longitudinais e/ou que utilizem a sua carga de identificação em um teste constante, comparando-o a uma metodologia padrão ouro.

A presente revisão não é sistemática, o que é um fator limitante. Contudo, o tema é novo e, existem limitações ao identificar os artigos de maneira sistematizada (via bases de dados), o que justifica a escolha de fazê-la de maneira narrativa.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa foi do tipo descritiva correlacional, pois examinou e comparou a intensidade de ocorrência do PDFC, DmaxPSE e DmaxLa obtidos em esteira e no teste de campo. Além disso, as variáveis supracitadas serão correlacionadas entre si (THOMAS, NELSON e SILVERMAN, 2002).

#### 3.2 AMOSTRA

Com base nos estudos de Ferreira *et al.* (2014), no qual os autores encontraram uma correlação de  $r = 0,75$  para a potência no DmaxPSE e DmaxLa, realizou-se o cálculo amostral tomando como erro aceitável 5% e 95% de poder estatístico, totalizando 11 indivíduos. Cálculo realizado no programa G-Power 3.1.9.2. Tomaram parte no estudo 9 atletas de tênis, do sexo masculino com idades entre 15 e 18 anos. Um dos atletas sofreu uma lesão no quadril durante o período da pesquisa, porém não durante as sessões de avaliação, o qual foi excluído da amostra, totalizando 8 atletas. Na sessão resultados, na tabela 3 estão apresentadas as características antropométricas da amostra. Os indivíduos e seus responsáveis foram informados sobre os possíveis riscos e uma vez em conformidade, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Paraná aprovou os procedimentos adotados no estudo (número do parecer: 2.294.300). Os atletas foram orientados a, nos dias de avaliação, apresentarem-se com vestuário adequado para a prática de exercício, com período pós-brandial de 1h e meia. Foi permitido que os indivíduos seguissem seus treinamentos normalmente.

#### 3.3 DESENHO EXPERIMENTAL

O estudo foi composto por duas sessões intercaladas por sete dias. Na primeira sessão, os indivíduos passaram por uma avaliação antropométrica (estatura, massa corporal e dobras cutâneas) e avaliação da maturação biológica; em seguida, realizaram um teste progressivo em esteira ergométrica até a exaustão voluntária, no qual foi mensurada a [La], FC e a PSE ao final de cada estágio e ao

final do teste. Na segunda sessão os atletas realizaram o teste de campo (*Yo-Yo Endurance Test* nível 1), no qual foram coletadas a FC e a PSE ao final de cada estágio e ao final do teste.

### 3.4 MATURAÇÃO BIOLÓGICA

Foi utilizada o método do pico de velocidade de crescimento (SHERAR *et al.*, 2005).

Equação para meninos:

$$PVC = -9,236 + (0,0002708 \times (CMI \times ATC)) + (-0,001663 \times (ID \times CMI)) + (0,007216 \times (ID \times ATC)) + (0,02292 \times ((MC/A) \times 100))$$

CMI: comprimento do membro inferior (cm)

ATC: altura tronco-cefálica (cm)

ID: idade (decimal)

MC: massa corporal (kg)

A: altura (cm)

### 3.5 YO-YO ENDURANCE TEST NÍVEL 1

O teste consiste em corridas de 20m ditadas por um sinal sonoro. A velocidade inicial é de 8 km/h e são incrementados 0,5 km/h a cada estágio. O teste foi finalizado por exaustão voluntária ou quando o indivíduo não conseguiu, por duas vezes consecutivas, acompanhar o ritmo indicado pelo sinal sonoro, considerando atraso efetivo quando este foi maior que os 2m de tolerância.

### 3.6 PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO EM ESTEIRA

O teste tem velocidade inicial de 6km/h; e incrementos de 1,2km/h a cada 3 minutos, com 30s de pausa para a coleta do lactato (HECK *et al.* 1985). A velocidade de pico foi determinada pelo equação adaptada de Kuipers *et al.*, (1985), usando a equação abaixo:

$$Pico \ de \ velocidade = V + \frac{t}{180}$$

Onde  $V$  é a velocidade do último estágio completo,  $t$  é o tempo (s) do estágio parcialmente completo e  $180$  é o tempo (s) de um estágio completo. Serão dados estímulos verbais a fim de que os indivíduos cheguem até o seu máximo. O teste foi

considerado máximo quando a FC atingir valores iguais ou superiores à 90% FC predita pela equação  $FC_{\text{máxima predita}} = 220 - \text{idade (anos)}$ .

### 3.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para o monitoramento da frequência cardíaca foi utilizado um cardiofrequencímetro (Polar Electro Oy, FT4, Kempele, Finland). O monitoramento da PSE foi feito a partir da escala CR-10 (Borg, 1998). Para a mensuração das [La] durante o teste laboratorial foi utilizado um lactímetro portátil da marca Accutrend Plus - Roche® (São Paulo, SP - Brasil). O material infectante e o material perfuro cortante foram devidamente separados e descartados em local adequado assim que a [La] foi analisada.

Para a realização das medidas antropométricas foi utilizada uma balança com precisão de 50g (Toledo), estadiômetro de precisão de 1mm e um compasso de dobras cutâneas (Harpenden, Cranlea, Birmingham, UK). Foram feitas as medidas das seguintes dobras cutâneas: peitoral, axilar média, tricipital, subescapular, abdominal, supra ilíaca e coxa medial. O percentual de gordura corporal (%G) foi estimado pela equação proposta por Faulkner (1966).

### 3.8 DETERMINAÇÃO DO PDFC

O PDFC foi determinado de acordo com o proposto de Kara *et al.*, (1996). Todos os valores de FC iguais ou superiores a 140 bpm foram plotados a cada estágio em função da velocidade. Foi feito um ajuste linear, ligando os dois extremos da curva de FC (i. e. primeiro e último valor), e um ajuste polinomial de terceira ordem, passando por todos os pontos da curva. A maior distância entre o ajuste polinomial de terceira ordem e o linear foi considerada como o PDFC.

### 3.9 DETERMINAÇÃO DO DMAXLA E DO DMAXPSE

O DmaxLa e o DmaxPSE foram obtidos na maior distância entre o ajuste polinomial de terceira ordem passando por todos os pontos e o ajuste linear ligando os dois extremos da curva (FABRE *et al.* 2013).

### 3.10 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Inicialmente os dados tiveram sua normalidade testada através do teste de *Shapiro Wilk's*. Uma vez aceita, foi utilizada ANOVA *One-Way* para verificar as diferenças nas intensidades de ocorrência dos limiares de transição em esteira. Além disso, foram testadas as correlações entre os conjuntos de dados através da correlação simples de *Pearson* e feita a análise de concordância através dos gráficos de Bland Altaman. O nível de significância adotado foi  $p \leq 0.05$ . Os dados foram tratados no Software SPSS 20.0 (IBM®).

## 4 RESULTADOS

Na tabela 3 são apresentadas as características antropométricas e de maturação através do pico de velocidade de crescimento (PVC) dos indivíduos.

Tabela 3 - Características antropométricas da amostra (n = 8).

Variáveis	Indivíduos (n = 8)
Estatura (cm)	179,06 ± 7,46
Massa corporal (kg)	67,53 ± 9,74
Percentual de gordura (%)	11,19 ± 2,56
Pico de Velocidade de Crescimento	2,01 ± 0,76
Idade (anos)	16,13 ± 1,14

Na tabela 4 são apresentados os valores de velocidade, FC absoluta e relativa à FC máxima, [La] e PSE correspondentes aos limiares. Nenhuma das variáveis supracitadas apresentou diferença significativa entre os limiares ( $p > 0,05$ ).

Tabela 4 - Valores de [La], FC relativa à máxima (%) e FC absoluta (bpm), velocidade (km/h) e PSE correspondentes aos limiares DmaxLa, PDFC e DmaxPSE obtidos no teste laboratorial e PDFC e DmaxPSE obtidos no teste de campo.

	Teste laboratorial			Teste de campo	
	DmaxLa	PDFC	DmaxPSE	PDFC	DmaxPSE
[La] (mmol)	3,3 ± 1	4,3 ± 1,2	3,8 ± 1,3	-	-
%Fcmáx (%)	86,08 ± 7,2	89,7 ± 5,7	88,5 ± 3,9	90,6 ± 3,8	92 ± 2,7
FC (bpm)	164 ± 16	170 ± 13	168 ± 15	176 ± 8	179 ± 9
Velocidade (km/h)	11,8 ± 1,9	12,6 ± 1,8	12 ± 1,7	10,4 ± 1	10,8 ± 0,6
PSE (U.A.)	5,1 ± 2,1	5,8 ± 1,7	4,9 ± 2	3,4 ± 2,1	4,1 ± 2

Na tabela 5 são demonstrados os coeficientes de correlação encontrados entre o DmaxLa (padrão de comparação) e os demais métodos. Não foram observadas correlações significativas entre o DmaxLa e os demais limiares tanto no teste de campo, como no teste laboratorial, com exceção da variável PSE, na qual o DmaxLa apresentou correlações significativas com o PDFC durante teste laboratorial e com o DmaxPSE durante teste de campo ( $r = 0,73$  e  $r = 0,77$ ; respectivamente.  $P < 0,05$ ).

Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre o DmaxLa e os demais limiares obtidos no teste laboratorial e no teste de campo.

	Teste laboratorial		Teste de campo	
	PDFC	DmaxPSE	PDFC	DmaxPSE
[La] (mmol)	0,24	0,18	-	-
%Fcmáx (%)	0,45	0,27	-0,51	-0,17
FC (bpm)	0,56	0,59	0,03	0,38
Velocidade (km/h)	0,52	0,36	0,17	0,62
PSE (U.A.)	0,73*	0,57	0,32	0,77*

\*Correlação estatisticamente significativa.

Na figura 6 e 7 são apresentados os gráficos de Bland Altman para as diferenças do %Fcmáx plotadas contra as médias dos diferentes métodos de identificação dos limiares. Os indivíduos permaneceram dentro do intervalo de confiança de 95%, no entanto os vieses são relativamente altos (Figura 6 A = -3,63; B = -4,56; Figura 7 A = -2,4; B = -5,93) e alguns pontos demonstram diferenças importantes entre os métodos.

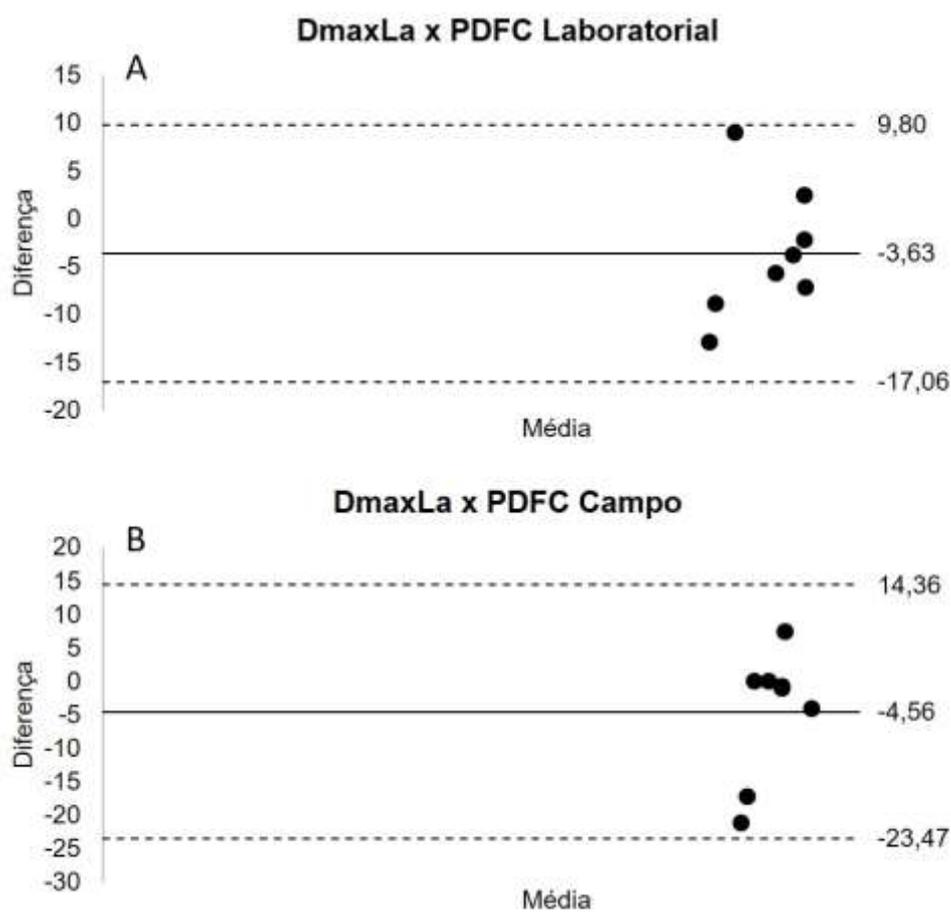


Figura 6 - Diferenças do %FCmáx correspondentes aos limiares plotadas contra as médias. (A) DmaxLa x PDFC obtido durante teste laboratorial. (B) DmaxLa x PDFC obtido durante teste de campo.

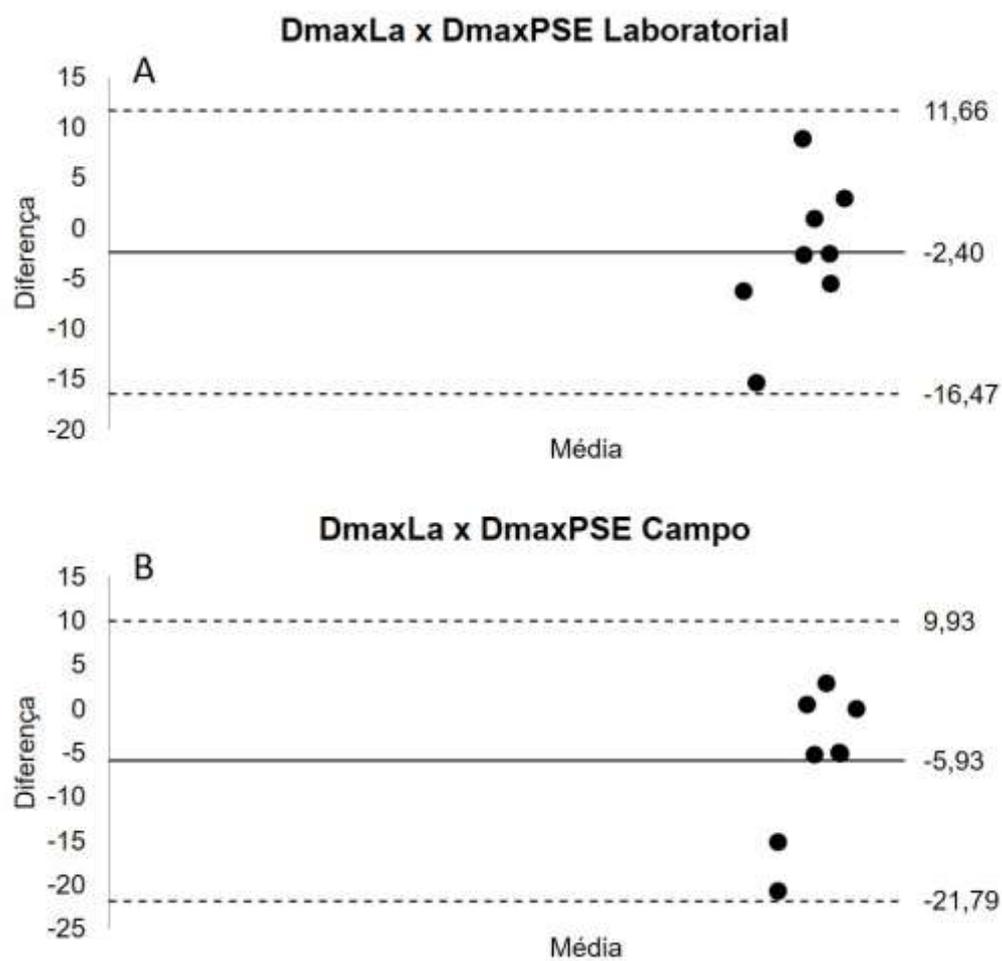


Figura 7 - Diferenças do %FC<sub>máx</sub> correspondentes aos limiares plotadas contra as médias. (A) DmaxLa x DmaxPSE obtido durante teste laboratorial. (B) DmaxLa x DmaxPSE obtido durante teste de campo.

## 5 DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi comparar as intensidades de ocorrência do DmaxLa, PDFC e DmaxPSE obtidos durante teste laboratorial e teste de campo (*Yo-Yo Endurance Test* nível 1), uma vez que em um estudo prévio, foi observado que o PDFC e o DmaxPSE não eram identificados em todos os indivíduos durante o teste de campo (*Yo-Yo Intermittent Recovery Test* nível 1) (CONDE *et al.* 2016). No estudo supracitado, o PDFC e o DmaxPSE obtidos em esteira ocorreram em intensidades similares, por outro lado, os valores correspondentes ao PDFC e DmaxPSE identificados no teste de campo não puderam ser comparados adequadamente, uma vez que foram identificados somente em 6 e 7 indivíduos, respectivamente. Além disso, não houve um método padrão ouro para comparação (limiar de lactato ou limiar ventilatório), o que limitou a compreensão dos resultados. Sendo assim, para o presente estudo foi escolhido um teste de campo com incrementos de intensidade regular, o que permitiu que o cálculo do DmaxPSE e do PDFC fosse possível e os limiares calculados alternativamente foram comparados ao DmaxLa (padrão de comparação). Nossos resultados demonstraram que a média de [La], %FCmáx, FC absoluta, velocidade e PSE não foram estatisticamente diferentes entre os métodos (tabela 4). Por outro lado, não foram observadas correlações entre os limiares (tabela 5) e os gráficos de Bland Altman apontam que, embora os atletas estejam dentro dos limites de concordância, os vieses e as diferenças foram relativamente elevadas se tratando de %FCmáx (Figura 6 e 7).

Tais resultados corroboram em partes com a literatura vigente. Conde *et al.* (2014) submeteram 9 indivíduos fisicamente ativos a um teste progressivo em esteira com velocidade inicial de 8km/h e incrementos de 1km/h a cada 2 minutos. Os autores encontraram o PDFC e DmaxPSE em intensidades similares ao LL (concentração fixa de 4 mmol – OBLA), porém não observaram correlações entre o DmaxPSE e o LL ( $r = 0,15$ ), somente entre o PDFC e o LL ( $r = 0,87$ ). Similarmente, Ferreira *et al.* (2014) avaliaram indivíduos fisicamente ativos em teste progressivo em ciclo-ergômetro comparando o DmaxPSE ao LL em duas condições dietéticas, dieta controle (60% carboidrato) e dieta com baixo teor de carboidrato (20% carboidrato). Foi observado que a carga absoluta e relativa e a FC absoluta e relativa não foram estatisticamente diferentes, independentemente da condição

dietética. As cargas correspondentes ao DmaxPSE e ao LL foram fortemente correlacionadas ( $r = 0,75$ ) na dieta controle. Por outro lado, na dieta com baixo carboidrato não houve correlação ( $r = 0,04$ ). O fato de os autores não terem observado correlação entre os limiares na dieta com baixo carboidrato questiona a eficiência do método para estimar o LL, o que corrobora com o presente estudo. Indo de encontro com nossos resultados, Ferreira *et al.* (2016) encontraram o LL e o DmaxPSE em intensidades diferentes tanto em atletas de *endurance* treinados (DmaxPSE =  $77,2 \pm 6,4$  %FCmáx; DmaxLa =  $83 \pm 7,7$  %FCmáx) como em indivíduos fisicamente ativos (DmaxPSE =  $76,7 \pm 6,3$  %FCmáx; DmaxLa =  $83,1 \pm 7,3$  %FCmáx). Em adição, as cargas correspondentes aos limiares não foram significativamente correlacionadas ( $r = 0,22$  para atletas treinados e  $r = 0,10$  para indivíduos fisicamente ativos).

Por outro lado, nossos resultados também divergem da literatura em alguns pontos. Fabre *et al.* (2013), os quais foram os pioneiros a aplicar o método Dmáx a curva de PSE e comparar as variáveis correspondentes a esse “limiar” ao LL também identificado pelo método Dmax, submeteram 22 indivíduos fisicamente ativos a um teste progressivo em ciclo-ergômetro com carga inicial de 70 watts (W) durante 5 minutos seguidos por incrementos de 30W a cada 3 minutos e observaram o LL e o DmaxPSE em intensidades similares (DmaxPSE =  $78,8 \pm 5,8$  %VO<sub>2</sub>máx; DmaxLa =  $78,7 \pm 6,1$  %VO<sub>2</sub>máx) e encontraram fortes correlações para o VO<sub>2</sub> entre os métodos ( $r = 0,97$ ;  $p < 0,001$ ). Na mesma direção, o estudo de Costa (2017) com corredores de montanhas demonstrou que o DmaxPSE ocorreu na mesma intensidade do limiar ventilatório, e que o limiar foi fortemente correlacionado ao limiar ventilatório ( $r = 0,87$ ).

Estudos anteriores explicam que, durante testes progressivos é possível identificar um limiar de esforço percebido porque a PSE é influenciada por variáveis fisiológicas, inclusive a concentração de lactato (FERREIRA *et al.* 2016). Esse fato pressupõe que a resposta da curva de PSE durante testes progressivos, para todos os sujeitos, responda similarmente a curva de lactato; nas intensidades iniciais as respostas tanto de lactato como de PSE deveriam ser baixas, podendo até mesmo se repetirem, aumentando aos poucos a medida que [La] tem uma pequena elevação, e quando a produção de lactato exceder a remoção, ou seja, no LL, a PSE deveria ter uma elevação abrupta e em seguida atingir o máximo (escore 10). Contudo, alguns indivíduos demonstraram respostas perceptivas que não vão de

encontro com essa premissa. Na figura 14 (nos apêndices) é demonstrada a resposta das curvas de [La], FC e PSE durante teste laboratorial e da FC e PSE durante teste de campo para um indivíduo representativo da amostra. É demonstrado que o indivíduo percebe o aumento de intensidade mais rapidamente comparado a cinética do lactato; e nas intensidades mais elevadas o indivíduo entende que, apesar de estar em uma PSE alta, ele é capaz de sustentar essa intensidade durante mais algum tempo para atingir um desempenho melhor no teste. Tal fato está de acordo com a teoria de Brehm e Self (1989) a qual postula que os indivíduos se engajam em uma tarefa até o momento em que é atingido o máximo de esforço que o indivíduo está disposto a empenhar para ser bem sucedido na tarefa. Dessa forma, o cálculo do DmaxPSE, mesmo sendo possível tanto no teste laboratorial como no de campo, apresenta um resultado não significativo, que não representa realmente o LL. Este achado coloca à prova a relação direta do comportamento da PSE em função do lactato, demonstrando que a PSE é um indicador de intensidade de exercício modulado por diversos fatores, os quais vão além da acidose metabólica indicada pelo aumento da [La] (ENOKA e DUCHATEAU, 2016).

Nossos resultados apontaram que o PDFC não estimou o LL apropriadamente, uma vez que não foi observada correlação e concordância entre os métodos, o que está em desacordo com a literatura. O estudo de Costa (2017) e Conde *et al.* (2014) apontam correlações importantes entre os métodos para %FCmáx ( $r = 0,75$  e  $r = 0,87$ ; respectivamente). Durante testes progressivos, a FC possui comportamento sigmoide (NASCIMENTO *et al.* 2011). O método para o cálculo do PDFC durante testes progressivos proposto por Kara *et al.* (1996) prevê a plotagem dos valores iguais ou superiores a 140 bpm em função da intensidade em um gráfico. A razão para isso é remover a inflexão da curva de FC para analisar somente a deflexão; contudo, alguns sujeitos tiveram respostas diferentes do padrão estabelecido na literatura, no qual a FC teve um aumento praticamente linear, não sendo possível observar uma clara deflexão da curva, ou um número muito baixo de pontos pode ser analisado; ambas as situações comprometem a eficiência do método Dmax. Mesmo com o cálculo tendo sido possível tanto no teste laboratorial como de campo, o resultado para alguns indivíduos da amostra não representa um valor real de limiar. A figura 8 apresenta um comparativo entre uma resposta de FC esperada no teste laboratorial e de campo de acordo com a literatura (figura 8 - A e

B) e respostas diferentes observadas em alguns indivíduos da amostra (C, D, E, F). A resposta do atleta 2 ocorreu conforme o esperado, demonstrando claramente a deflexão, favorecendo o cálculo do PDFC. Por outro lado, o atleta 1 apresentou um comportamento sigmoide mesmo tendo excluído os valores inferiores a 140 bpm. Similarmente, o atleta 8 obteve uma resposta inesperada, uma vez que a FC aumentou linearmente, desfavorecendo a o cálculo. Contudo, durante o teste de campo, a FC dos atletas 1 e 8 comportou-se de forma esperada, permitindo o cálculo.

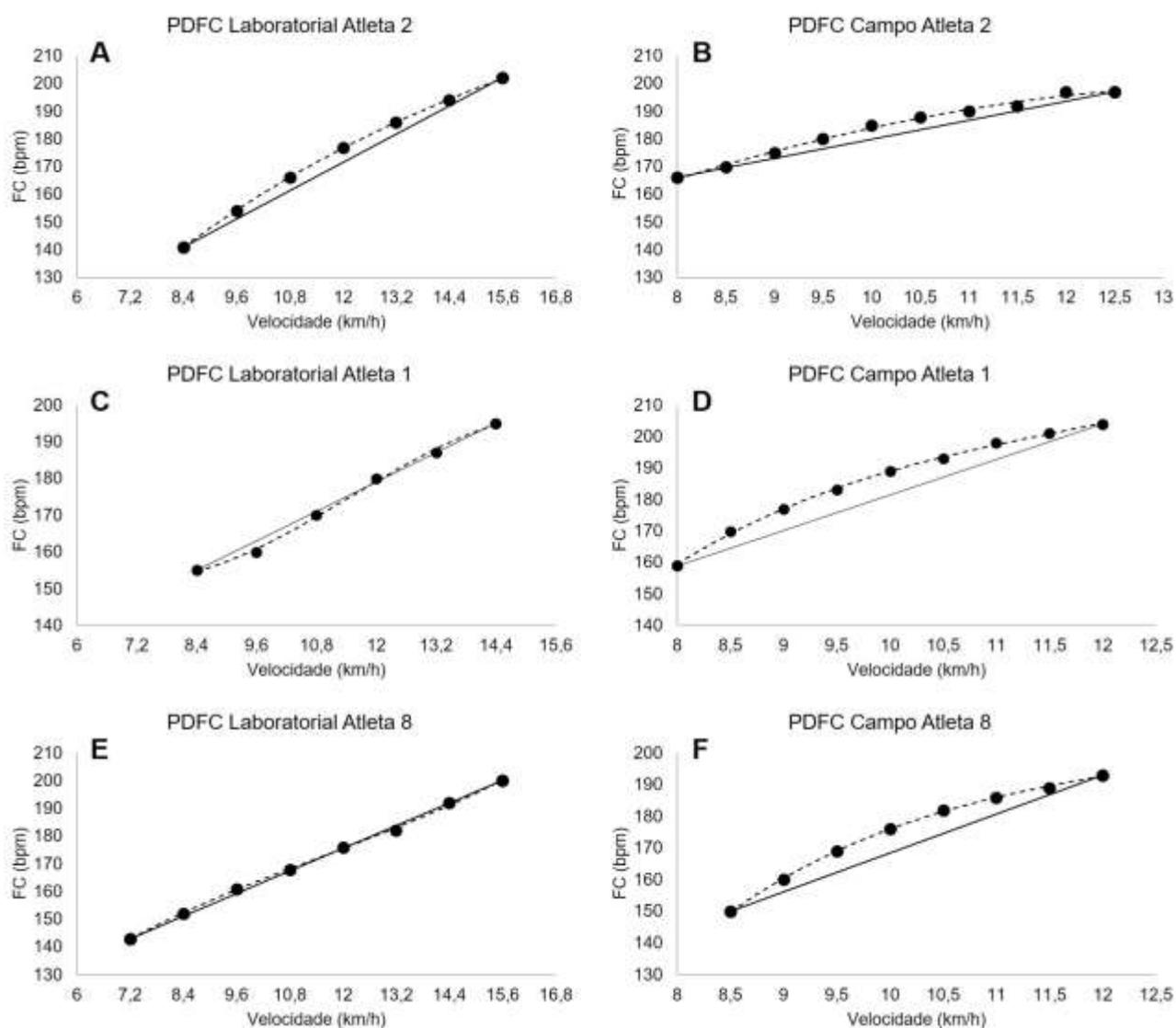


Figura 8 - Comparação entre as respostas esperadas de acordo com a literatura para os testes laboratorial e de campo (A e B) e respostas diferentes do esperado em alguns atletas da amostra (C, D, E e F).

A figura 8 demonstra que a dificuldade em identificar o PDFC corretamente é casual, pois em alguns indivíduos foi possível identificar em ambos os testes e em

outros em apenas um deles, porém sem um padrão. Isso significa que o motivo pelo qual não foi encontrada correlação e concordância entre o PDFC e o DmaxLa pode estar na própria resposta da FC ao teste, podendo em certas vezes desfavorecer o cálculo do Dmax de forma eficaz. Nesse sentido, é importante cautela na interpretação dos resultados do estudo; sobretudo em relação a associação do PDFC e do DmaxLa, pois provavelmente a resposta de FC inesperada de alguns atletas (que dentro de um n pequeno faz diferença) pode ter influenciado a relação estatística.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados da presente pesquisa apontam que o PDFC e o DmaxPSE obtidos durante teste de campo, apesar de em média corresponderem a mesma intensidade (%FCmáx) do LL, não demonstraram correlação e concordância, sendo assim, não é possível utilizar os métodos alternativos (PDFC e DmaxPSE) para prever a intensidade do LL durante testes de campo.

No tênis, assim como em outros esportes, a rotina de treinos e de jogos/torneios é bastante intensa. Embora a avaliação dos atletas seja muito importante, inserir avaliações laboratoriais durante a rotina de treinamentos é bastante difícil, além de se tratarem de avaliações de elevado custo e invasivas. Conhecidamente, clubes com grande infraestrutura e disponibilidade de materiais padrão ouro para avaliações fisiológicas são minoria no Brasil. Além disso, o fato de ser uma análise sanguínea, na qual é necessário um pequeno furo na polpa digital dos dedos da mão é um fator limitante; certamente os atletas preferem um teste sem a necessidade do método invasivo. Nesse sentido, o uso de testes de campo é muito importante, pois no dia a dia do esporte são muito úteis. Porém, quando se trata de indicadores de capacidade aeróbia (limiar de transição fisiológica, especificamente nessa pesquisa o LL) o PDFC e o DmaxPSE não predisseram com eficácia o LL, não podendo ser utilizados como indicadores alternativos de capacidade aeróbia em atletas de tênis durante teste de campo.

É importante, porém, reconhecer algumas limitações. O presente estudo demonstrou algumas divergências em relação a literatura vigente; o n amostral pode ter influenciado para os resultados obtidos. Sendo assim, em futuros trabalhos sugere-se a utilização de mais atletas, de diferentes modalidades, realizando testes de campo específicos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baiget, E; Iglesias, X; Rodríguez, F. Aerobic Fitness and Technical Efficiency at High Intensity Discriminate between Elite and Subelite Tennis Players. *International Journal of Sports Medicine*. v. 37, n. 11, p. 848–854, 2016.

Baiget, E; Fernández-Fernández, J; Iglesias, X; Rodríguez, F. Tennis Play Intensity Distribution and Relation with Aerobic Fitness in Competitive Players. *PLOS ONE*. v. 10, n. 6, p. e0131304, 2015.

Bangsbo, J. *Fitness Training in Football: A Scientific Approach*. 1994. August Krogh Inst., University of Copenhagen.

Bertuzzi, R; Nascimento, E. M. F; Urso, R. P; Damasceno, M; Lima-Silva, A. E. Energy System Contributions during Incremental Exercise Test. *Journal of Sports Science and Medicine*. v. 12, n. 3, p. 454–460, 2013.

Billat, V. L; Sirvent, P; Py, G; Koralsztein, J. P; Mercier, J. The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Medicine*. v. 33, n. 6, p. 407–426, 2003.

Bodner, M. E; Rhodes, E. C. A Review of the Concept of the Heart Rate Deflection Point. *Sports Medicine*. v. 30, n. 1, p. 31–46. 2000.

Borg, G. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. 1998. Human Kinetics.

Bourgois, J; Coorevits, P; Danneels, L; Witvrouw, E; Cambier, D; Vrijens, J. Validity of the Heart Rate Deflection Point as a Predictor of Lactate Threshold Concepts during Cycling. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 18, n. 3, p. 498–503, 2004.

Brehm, J. W; Self, E. A. The Intensity of Motivation. *Annual review of psychology*. v. 40, p. 109–131, 1989.

Brooke, J. D; Hamley, E. J. The Heart-Rate--Physical Work Curve Analysis for the

Prediction of Exhausting Work Ability. *Medicine and Science in Sports*. v. 4, n. 1, p. 23–26, 1972.

Castagna, C; Impellizzeri, F. M; Rampinini, E; D'Ottavio, S; Manzi, V. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test in Basketball Players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. v. 11, n. 2, p. 202–208, 2008.

Cheng, B; Kuipers, H; Snyder, A. C; Keizer, H. A; Jeukendrup, A; Hesselink, M. A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds. *International Journal of Sports Medicine*. v. 13, n. 7, p. 518–522, 1992.

Conconi, F; Ferrari, M; Ziglio P. G; Droghetti, P; Codeca, L. Determination of the Anaerobic Threshold by a Noninvasive Field Test in Runners. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*. v. 52, n. 4, p. 869–873, 1982.

Conde, J. H. S; Rubio, T. G. B; Ferreira, G. A; Coelho, R. L; De Oliveira, F. R; Osiecki, R. Identification of the Lactate Threshold and the Heart Rate Deflection Point by the Perceived Exertion Curve. *Journal of Exercise Physiology Online*. v. 17, n. 3, p. 32–38, 2014.

Conde, J. H. S; Souza, G. C; Costa, P. L; Novack, L. F; Osiecki, R. Can We Identify the Heart Rate Deflection Point and Rating of Perceived Exertion Threshold during the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 in University Basketball Players? A Pilot Study. *Human Movement*. v. 17, n. 4, p. 258–262, 2016.

Costa, P. L. Predição dos Limiares de Transição Fisiológica em Corredores de Montanhas A Partir da Curva de Esforço Percebido Durante Teste Progressivo.” *Universidade Federal do Paraná*, 2017.

Dittrich, N; da Silva, J. F; Castagna, C; de Lucas, R. D; Guglielmo, L. G. A. Validity of Carminatti's Test to Determine Physiological Indices of Aerobic Power and Capacity in Soccer and Futsal Players. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*. v. 25, n. 11, p. 3099–3106, 2011.

Enoka, R. M; Duchateau, J. Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 48, n. 11, p. 2228–2238, 2016.

Erdogan, A; Cetin, C; Karatosun, H; Baydar, M. L. Non-Invasive Indices for the Estimation of the Anaerobic Threshold of Oarsmen.” *The Journal of International Medical Research*. v. 38, n. 3, p. 901–915, 2010.

Fabre, N; Mourot, L; Zerbini, L; Pellegrini, B; Bortolan, L; Schena, F. A Novel Approach for Lactate Threshold Assessment Based on Rating of Perceived Exertion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. v. 8, n. 3, p. 263-270, 2013.

Faulkner, J. A. *Physiology of Swimming*. Research Quarterly, 1966. American Association for Health, Physical Education and Recreation.

Ferliche, B; Chicharro, J. L; Vaquero, A. F; Pérez, M; Lucía, A. The Use of a Fixed Value of RPE during a Ramp Protocol. Comparison with the Ventilatory Threshold. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. v. 38, n. 1, p. 35–38, 1998.

Fernandez, J; Pluim, B. M; Mendez-Villanueva, A. Intensity of Tennis Match Play. *British Journal of Sports Medicine*. v. 40, n. 5, p. 387–391, 2006.

Ferreira, G. A; Bertuzzi, R; Lima-Silva, A. E; Malfatti, C; de Oliveira, F. R; Osiecki, R. Identification of Training Status Differences Using Perceived Exertion Threshold. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*. v. 41, n. 4, p. 456–459, 2016.

Ferreira, G. A; Osiecki, R; Lima-Silva, A. E; Angelis-Pereira, M. C; de Oliveira, F. R. Effect of a Reduced-CHO Diet on the Rate of Perceived Exertion Curve During an Incremental Test. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. v. 24, n. 5, p. 532–542, 2014.

Gaesser, G. A; Poole, D. C. The Slow Component of Oxygen Uptake Kinetics in Humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. v. 24, p. 35–71, 1996.

Heck, H; Mader, A; Hess, G; Mücke, S; Müller, R; Hollmann, W. Justification of the 4-Mmol/l Lactate Threshold. *International Journal of Sports Medicine*. v. 6, n. 3, p. 197–201, 1985.

Kara, M; Gökbel, H; Bediz, C; Ergene, N; Uçok, K; Uysal, H. Determination of the Heart Rate Deflection Point by the Dmax Method. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. v. 36, n. 1, p. 31–34, 1996.

Kuipers, H; Rietjens, G; Verstappen, F; Schoenmakers, H; Hofman, G. Variability of Aerobic Performance in the Laboratory and Its Physiologic Correlates. *International Journal of Sports Medicine*. v. 6, n. 4, p. 197–201, 1985.

Langfort, J; Zarzenczny, R; Pilis, W; Nazar, K; Kaciuba-Uscitko, H. The Effect of a Low-Carbohydrate Diet on Performance, Hormonal and Metabolic Responses to a 30-S Bout of Supramaximal Exercise. *European Journal of Applied Physiology*. v. 76, n. 2, p. 128–133, 1997.

Lucia, A; Hoyos, J; Santalla, A; Pérez, M; Carvajal, A; Chicharro, J. L. Lactic Acidosis, Potassium, and the Heart Rate Deflection Point in Professional Road Cyclists. *British Journal of Sports Medicine*. v. 36, n. 2, p. 113–117, 2002.

Marcora, S. Perception of Effort during Exercise Is Independent of Afferent Feedback from Skeletal Muscles, Heart, and Lungs. *Journal of Applied Physiology*. v. 106, n. 6, p. 2060–2062, 2009.

Midgley, A. W; McNaughton, L. R; Jones, A. M. Training to Enhance the Physiological Determinants of Long-Distance Running Performance: Can Valid Recommendations Be given to Runners and Coaches Based on Current Scientific Knowledge? *Sports Medicin*. v. 37, n. 10, p. 857–880, 2007.

Monnier-Benoit, P; Gros Lambert, A; Rouillon, J. D. Determination of the Ventilatory Threshold with Affective Valence and Perceived Exertion in Trained Cyclists: A Preliminary Study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 23, n. 6, p. 1752–1757, 2009.

Nascimento, E. M. F; Lima-Silva, A. E; Bertuzzi, R. C. M; Kiss, M. A. P. D; Pires, F. O. Caracterização Da Curva Da Frequência Cardíaca Durante Teste Incremental Máximo Em Esteira. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. v. 13, n. 4, p. 285–291, 2011.

Noakes, T D, Peltonen, J. E; Rusko, H. K. Evidence That a Central Governor Regulates Exercise Performance during Acute Hypoxia and Hyperoxia. *The Journal of Experimental Biology*. v. 204, n. 18, p. 3225–3234, 2001.

Pokan, R et al. 1993. “Correlation between Inflection of Heart Rate/work Performance Curve and Myocardial Function in Exhausting Cycle Ergometer Exercise.” *European journal of applied physiology and occupational physiology* 67(5): 385–88. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8299609>.

Sherar, L. B; Mirwald, R. L; Adam, D; Baxter-Jones, G; Thomis, M. Prediction of Adult Height Using Maturity-Based Cumulative Height Velocity Curves. *The Journal of Pediatrics*. v. 147, n. 4, p. 508–514, 2005.

Da Silva, Juliano F. et al. 2011. “Validity and Reliability of a New Field Test (Carminatti’s Test) for Soccer Players Compared with Laboratory-Based Measures.” *Journal of Sports Sciences* 29(15): 1621–28. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2011.609179>.

Svedahl, K; MacIntosh, B. R. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquée*. v. 28, n. 2, p. 299–323, 2003.

Vachon, J. A; Bassett, D. R; Clarke, S. Validity of the Heart Rate Deflection Point as a Predictor of Lactate Threshold during Running. *Journal of Applied Physiology*. v. 87, n. 1, p. 452–459, 1999.

Zamunér, A. R; Moreno, M. A; Camargo, T. M; Graetz, J. P; Rebelo, A. C. S; Tamburús, N. Y; da Silva, E. Assessment of Subjective Perceived Exertion at the Anaerobic Threshold with the Borg CR-10 Scale. *Journal of Sports Science and*

Medicine. v. 10, n. 1, p. 130–136, 2011.

## APÊNDICE A – GRÁFICOS INDIVIDUAIS

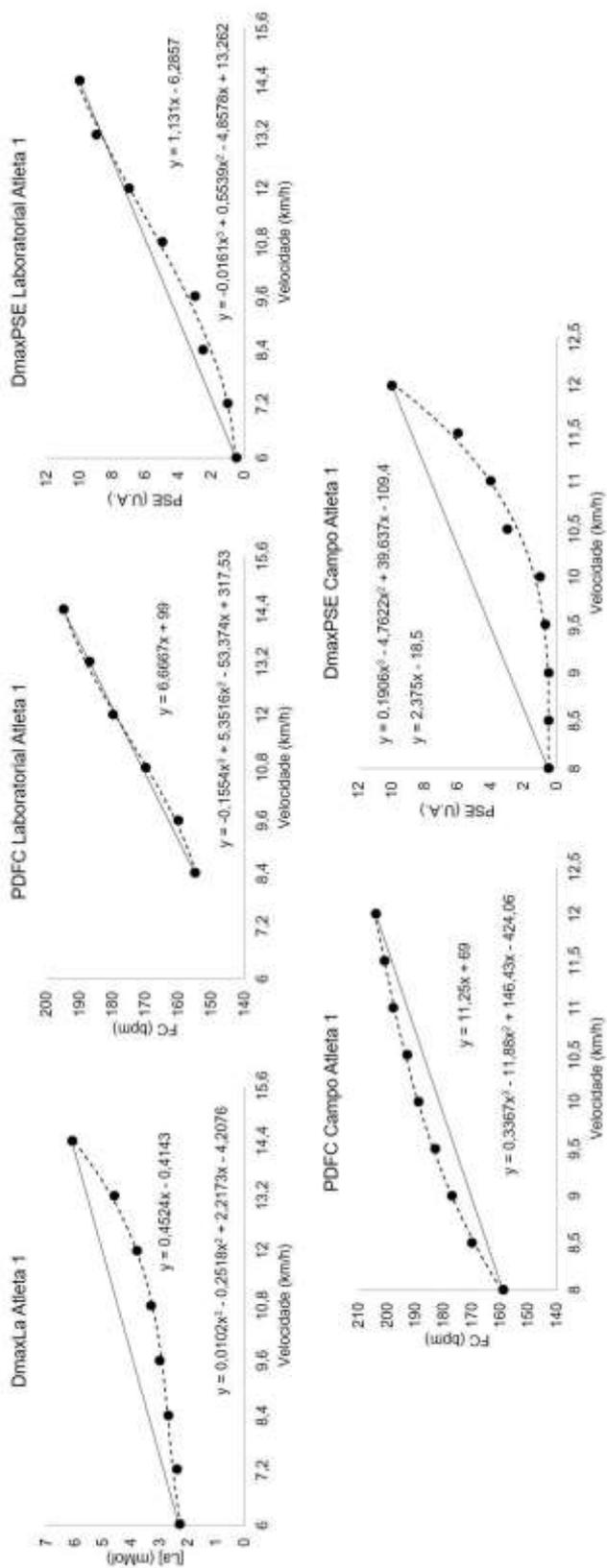


Figura 9 – Dados Individuais do atleta 1.

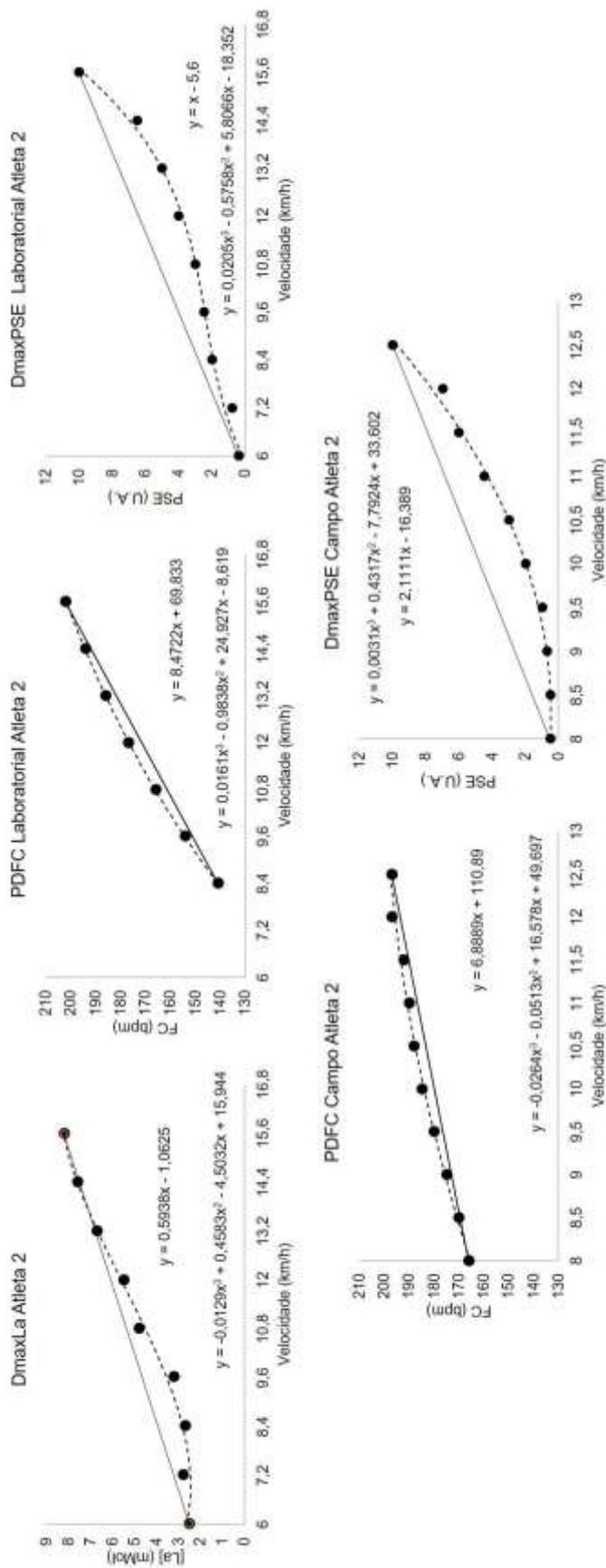


Figura 10 – Dados Individuais do atleta 2.

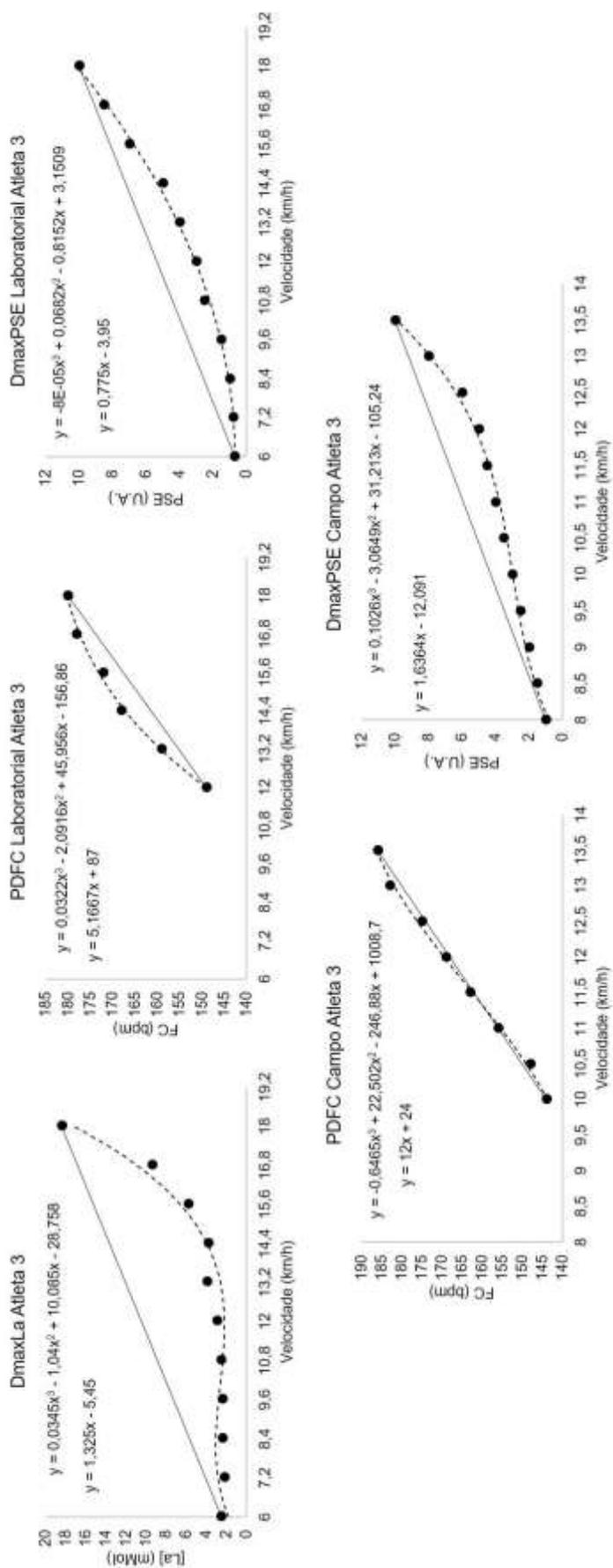


Figura 11 – Dados individuais do atleta 3

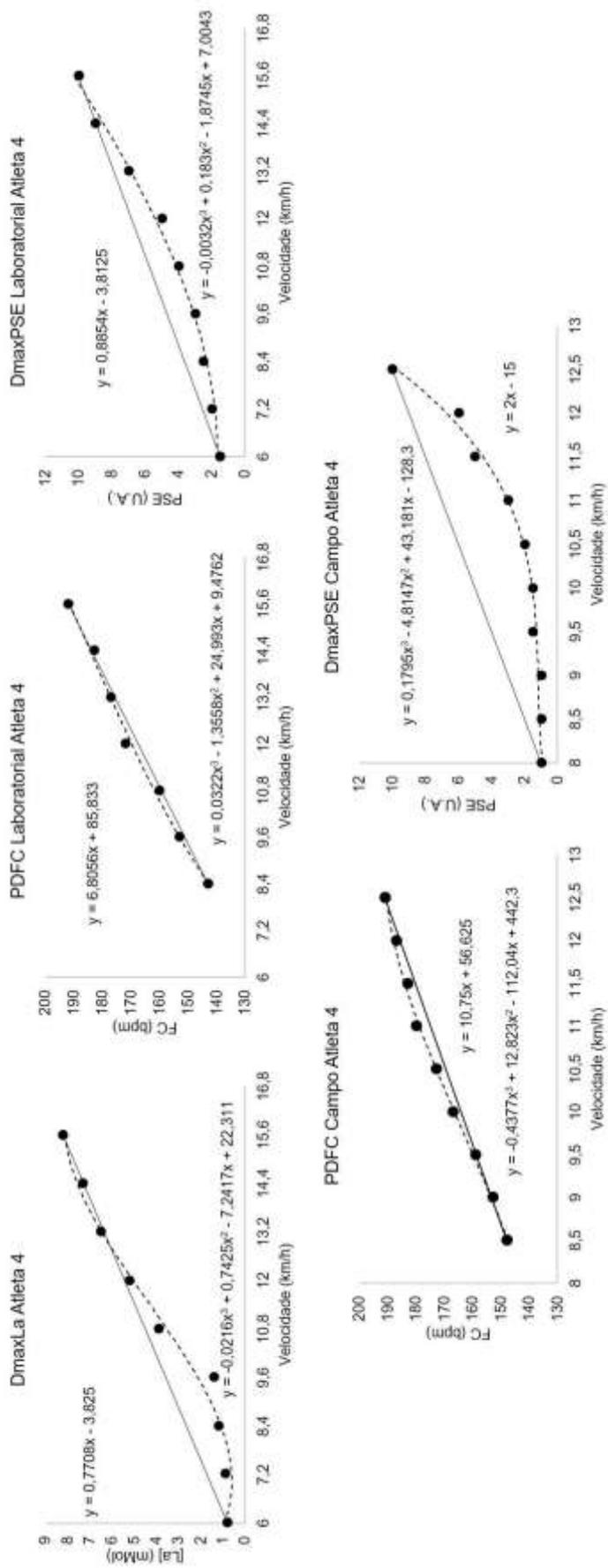


Figura 12 – Dados individuais do atleta 4.

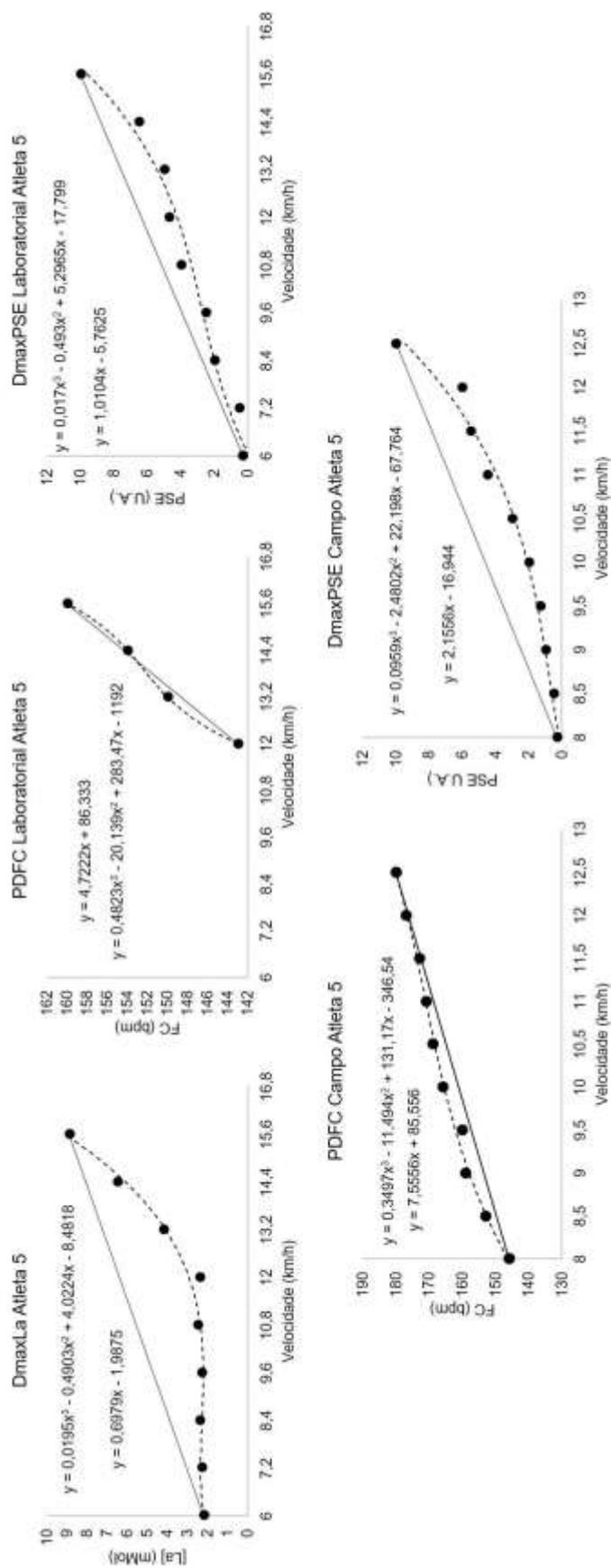


Figura 13 – Dados individuais do atleta 5.

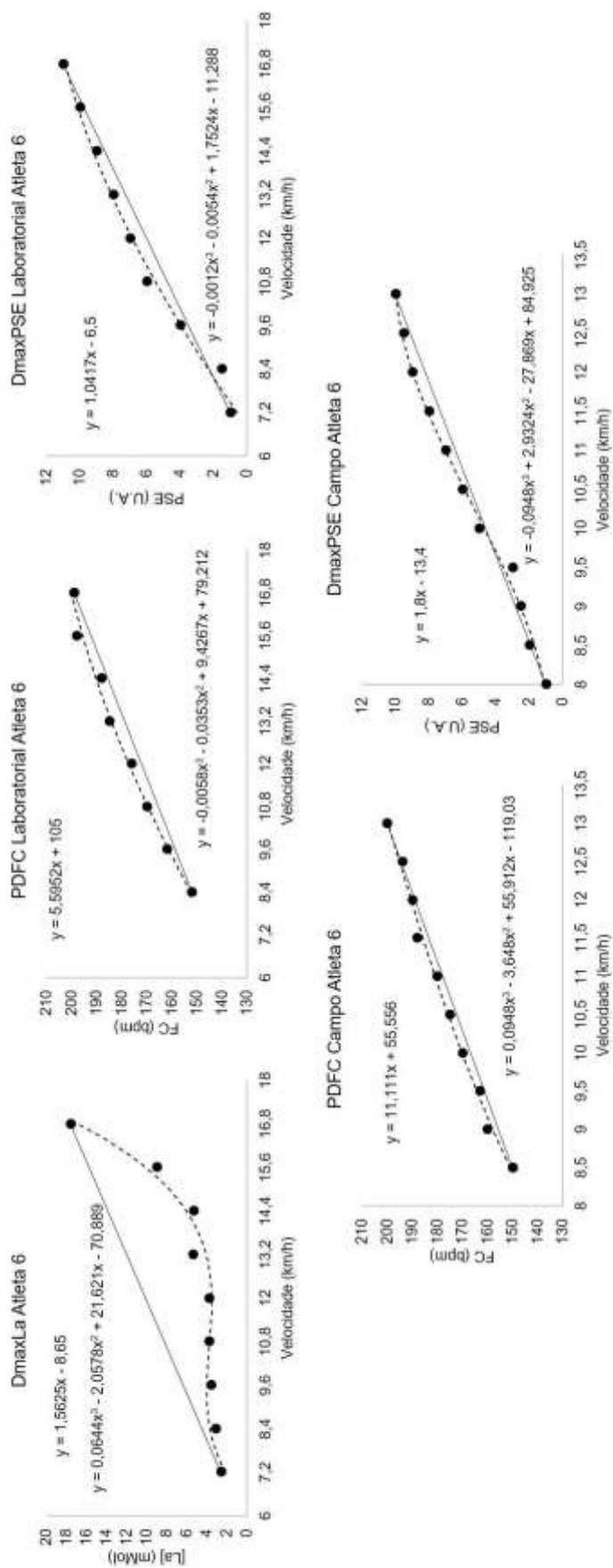


Figura 14 – Dados individuais do atleta 6.

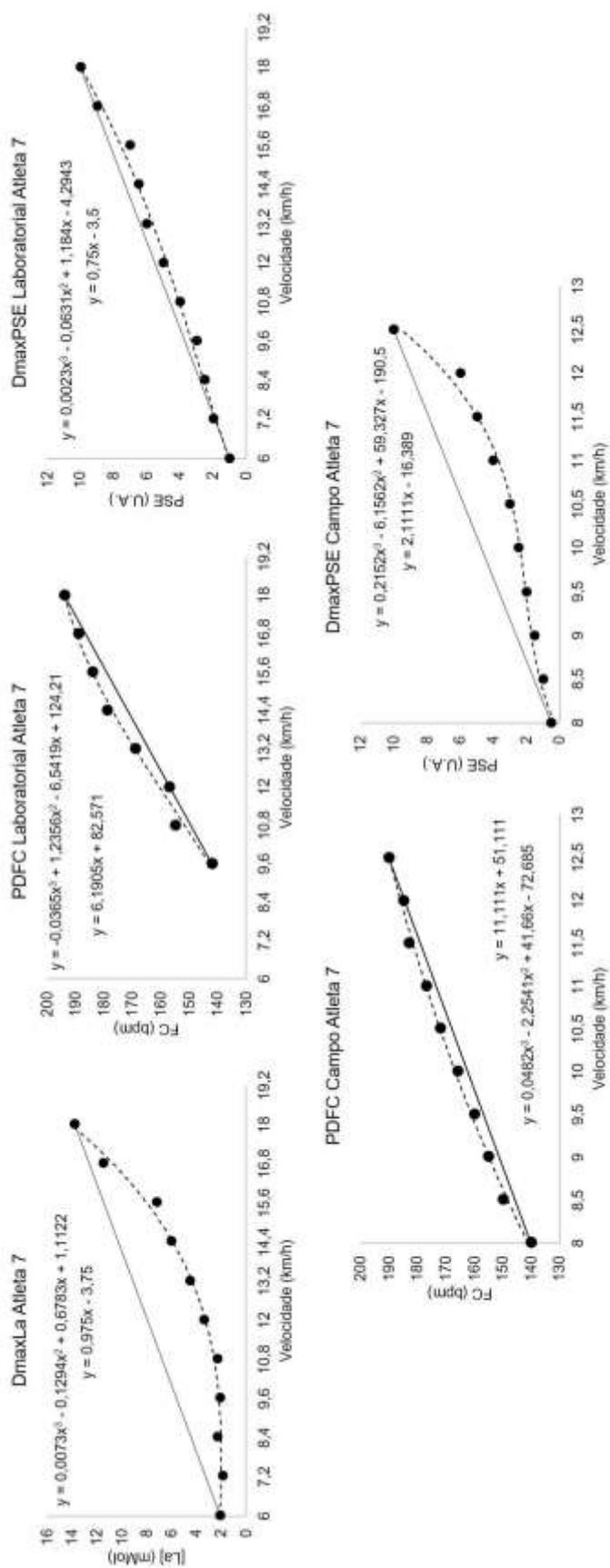


Figura 15 – Dados individuais do atleta 7.

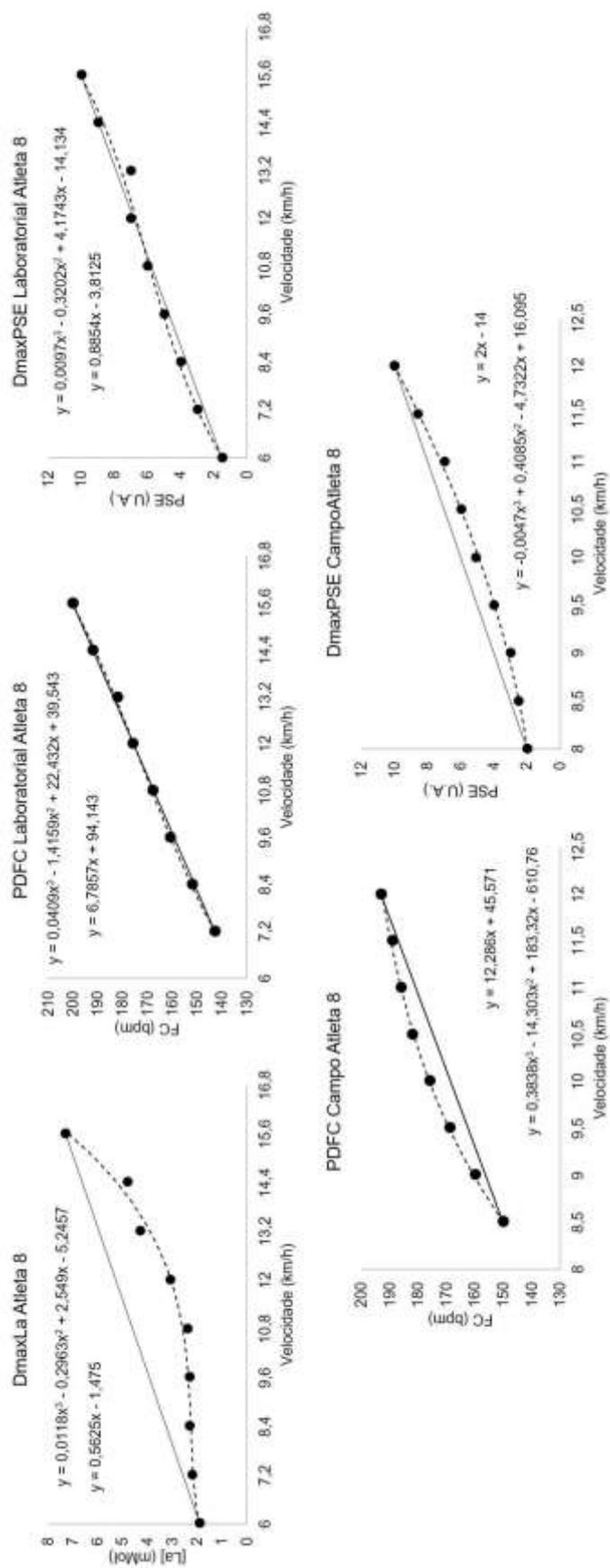


Figura 16 – Dados individuais do atleta 8.

## **APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Título do Projeto:** Comparação entre as intensidades de ocorrência dos limiares de transição fisiológica durante teste de campo e teste laboratorial em tenistas.

**Pesquisadores:** Prof. Dr. Raul Osiecki e aluno de pós-graduação Juan Henrique Szymczak Conde

**Local da Pesquisa:** Centro de Estudos da Performance Física – CEPEFIS, Universidade Federal do Paraná. Rua Coração de Maria, 92 - Jardim Botânico, Curitiba.

### **O que significa assentimento?**

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa de idade, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer.

Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

### **Informação ao Paciente: o que é uma pesquisa?**

Estamos convidando você, jogador de tênis, a participar de uma pesquisa, com o objetivo de comparar as respostas do organismo em dois testes diferentes. Essa pesquisa permitirá conhecer a possibilidade de usar formas mais baratas e menos doloridas para avaliar o condicionamento físico na própria quadra de tênis em que se costuma treinar. Como contrapartida, a pesquisa permitirá a você, conhecer o seu nível de condicionamento físico e contribuir para o avanço científico. Caso sejam utilizadas imagens ou vídeos é garantido o sigilo da sua identidade colocando tarjas no rosto. Em publicações não aparecerá o nome dele, e sim um código.

### **Local de realização da pesquisa**

Os testes laboratoriais serão realizados no Centro de Estudos da Performance Física – CEPEFIS, localizado no Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná. O teste de quadra também será realizado na quadra do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná.

### **Forma de recrutamento**

O estudo será realizado especificamente com tenistas; por isso neste estudo foi tomada a decisão de selecionar os participantes de forma intencional de acordo com a disponibilidade.

### **Que devo fazer se eu concordar voluntariamente em participar da pesquisa?**

Caso você aceite participar da pesquisa será necessário a realização de avaliações e medidas do corpo – avaliação do massa corporal corporal, altura e quantidade de

gordura no corpo, através da coleta de espessuras das gorduras do corpo. Depois disso, você fará dois testes com aumento de velocidade gradual até que ele não consiga mais continuar (fique muito cansado). Um teste será feito em uma esteira e o outro em uma quadra; e haverá um intervalo de uma semana entre um teste e outro. Antes do teste es esteira será feito um aquecimento a 3 km/h (devagar) durante alguns minutos; o teste começa com velocidade de 6 km/h e depois a velocidade será aumentada 1,2 km/h a cada 3 minutos. Deve-se notar que haverá uma pausa de 30s em cada velocidade para obter uma gota de sangue da ponta do dedo para análise do lactato. O teste na quadra de tênis começa a 8km/h e aumenta de 0,5 km/h em 0,5 km/h a cada estágio. Durante os testes você, tenista, terá os batimentos do coração e a percepção de esforço monitorados. Durante a realização da pesquisa, orientamos a não praticar exercícios físicos nas 24 horas antes aos testes, não ingerir bebida alcoólica ou com cafeína.

É possível que o você experimente algum desconforto, principalmente relacionado à dor nos músculos, cansaço e/ou desconforto quando for colocada a lanceta na ponta do dedo indicador, durante e logo após o teste. Além disso, deve estar ciente que poderá apresentar náuseas e/ou vômitos decorrentes do esforço na realização dos testes. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine – ACSM*). O risco de mal súbito, considerado como qualquer ocorrência repentina da perda súbita da consciência, como desmaios, diminuição da taxa de açúcar no sangue, tontura, dentre outros, é muito pequeno, mas poderá ocorrer. Sendo assim, durante todo o teste, o participante terá a presença de um médico, para que auxilie na interpretação dos sinais de mal súbito e para que forneça o suporte básico e avançado, necessários para reverter o quadro.

A sua participação é voluntária. Caso opte por não participar não terá nenhum prejuízo no seu atendimento e/ou tratamento.

---

Participante da Pesquisa

---

Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE

---

Orientador

### **Contato para dúvidas**

Os pesquisadores Professor Dr. Raul Osiecki e aluno de pós graduação Juan Henrique Szymczak Conde, responsáveis por este estudo, poderão ser localizados no laboratório do Centro de Estudos da Performance Física – CEPEFIS, na Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua Coração de Maria, 92 | CEP 80210-132

| Campus Jardim Botânico | Curitiba | PR | Brasil, através do e-mail [raulfisioex@gmail.com](mailto:raulfisioex@gmail.com) ou [juanufpr@gmail.com](mailto:juanufpr@gmail.com) e/ou através dos telefones (41) 8832-1011 | (41) 99593-1912, no horário de 9h às 17h, para esclarecer eventuais dúvidas que o você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259.

### **DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE**

Eu li e discuti com o pesquisador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento.

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Assinatura do Adolescente

---

Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TALE

## ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA O USO DA ESCALA DE PSE

**Instruções básicas:** 10 “Extremamente forte – D<sub>máx.</sub>” É a âncora principal. É a percepção (D) mais intensa que você já experimentou. Contudo, pode ser possível experimentar ou imaginar algo ainda mais forte. Portanto, o “Máximo absoluto” está posicionado uma pouco mais abaixo na escala, sem receber um número fixo; esse nível está marcado por um ponto “•”. Se você perceber uma intensidade maior do que 10, poderá usar um número mais elevado.

Comece com uma *expressão verbal* e, em seguida, escolha um *número*. Se a sua percepção é “muito fraca” escolha 1; se “Moderada”, escolha 3 etc. Fique à vontade para utilizar meios valores (como 1,5 ou 3,5) ou decimais (como, por exemplo, 0,3; 0,8 ou 2,3). É muito importante que você responda o que percebeu, e não o que acredita que deveria responder. Seja o mais honesto possível, e tente não superestimar nem subestimar as intensidades.

**Estimativa do esforço percebido:** Desejamos que você estime o seu esforço percebido (D), ou seja, como você sente a intensidade do exercício pesado. Isso depende principalmente da tensão e da fadiga nos seus músculos e da sua sensação de falta de ar ou de dor no peito. Mas você deve prestar atenção somente às suas sensações subjetivas e não aos sinais fisiológicos ou em qual é a atual carga física.

1 – Corresponde a um exercício “muito fraco”. O mesmo que andar lentamente em seu próprio ritmo, durante alguns minutos.

3 – Não é especialmente intenso e a pessoa não terá problemas em continuar.

5 – Você está cansado, mas não tem grandes dificuldades.

7 – Você ainda pode prosseguir, mas terá de se esforçar muito e se sentirá bastante cansado.

10 – Essa é a maior intensidade que a maioria das pessoas já vivenciou anteriormente.

• - Esse é o “Máximo absoluto”, por exemplo, 11, 12 ou superior.